

Gestão de Projetos: O BIM nas Organizações

MARCELLO MORAES GOMES CARVALHO

Outubro de 2016

GESTÃO DE PROJETOS: O BIM NAS ORGANIZAÇÕES

MARCELLO MORAES GOMES CARVALHO

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE GESTÃO DA CONSTRUÇÃO

Orientador: Prof. PhD. Jorge José de Magalhães Mendes

Co-Orientador: Prof. Dr. Edson de Almeida Rego Barros (Universidade Presbiteriana Mackenzie)

OUTUBRO DE 2016

ÍNDICE GERAL

| | |
|---|------|
| Índice Geral | iii |
| Resumo | v |
| Abstract | vii |
| Agradecimentos | ix |
| Índice de Texto | xi |
| Índice de Figuras..... | xiii |
| Índice de Tabelas..... | xv |
| Abreviaturas | xix |
| 1 Introdução..... | 1 |
| 2 Pesquisa Teórica..... | 9 |
| 3 Método Delphi | 45 |
| 4 Estudo Prático | 49 |
| 5 Análise e comparação dos resultados..... | 61 |
| 6 Conclusão | 65 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 67 |

RESUMO

Diante de incertezas e instabilidades econômicas, o setor da construção civil no Brasil apresenta situação agravada. Em Portugal, o setor apresenta baixas sucessivas. É neste contexto, com margens de lucro reduzidas, baixa no mercado e competição acirrada frente às exigências dos clientes, que surgem ferramentas de planejamento e gestão que auxiliam as construtoras e escritórios de projeto otimizarem os processos. Assim, o BIM emerge como uma solução eficaz, que integra todos os envolvidos no projeto, tornando o processo construtivo mais enxuto. Visando pesquisar a plataforma BIM, este trabalho foi elaborado levando em consideração pesquisas teóricas e práticas, acerca do nível de implantação do BIM no mercado da construção civil brasileiro, fazendo uma comparação com o mercado português, buscando entender as dificuldades e as melhorias de implantação da tecnologia no cotidiano das empresas. Para a pesquisa prática formulou-se um questionário com empresas brasileiras e lusitanas que auxiliou na compilação e na interpretação dos dados retornados. Os resultados possibilitaram mensurar o nível de aplicação deste conceito pelas empresas dos diversos portes e segmentos de atuação entrevistadas.

Palavras-chave: BIM. Planejamento. Gerenciamento.

ABSTRACT

In face of uncertainty and economic instability, the civil construction industry in Brazil presents situation worsened. In Portugal, the sector presents successive losses. In this context, with reduced profit margins, low market and fierce competition in face of the demands of the customers, which are planning and management tools that help construction companies and design firms optimize the processes. Thus, BIM emerges as an effective solution, which integrates all involved in the project, making the building process leaner. In order to search the BIM platform, this work has been prepared taking into consideration the theoretical and practical research, about the level of implementation of BIM in the Brazilian civil construction market, making a comparison with the Portuguese market, seeking to understand the difficulties and the deployment of technology improvements in daily life. For practical research a questionnaire was formulated with Brazilian and Lusitanian companies who assisted in the compilation and interpretation of data returned. The results made it possible to measure the level of implementation of this concept by companies of various sizes and segments interviewed.

Keywords: BIM. Planning. Management.

AGRADECIMENTOS

A Deus, fonte de toda sabedoria, pela força e pela coragem que concedeu, permanecendo ao meu lado em todo o percurso desta caminhada.

Aos professores Doutores Jorge José de Magalhães Mendes e Edson de Almeida Rego Barros, minha eterna gratidão e admiração, por terem sido orientadores persistentes, com diretrizes seguras, muita paciência e incentivo.

À minha família, pela paciência e compreensão nos momentos em que foi necessária minha ausência.

Agradeço especialmente aos profissionais que responderam à pesquisa. Apesar de suas agendas compromissadas, conseguiram reservar um tempo para contribuir com a evolução deste trabalho.

ÍNDICE DE TEXTO

| | |
|--------------------------------------|------|
| Índice Geral | iii |
| Resumo..... | v |
| Abstract | vii |
| Agradecimentos | ix |
| Índice de Texto | xi |
| Índice de Figuras..... | xiii |
| Índice de Tabelas..... | xv |
| Abreviaturas | xix |
| 1 Introdução..... | 1 |
| 1.1 Considerações Iniciais..... | 1 |
| 1.2 Objetivos..... | 2 |
| 1.2.1 Objetivo geral | 2 |
| 1.2.2 Objetivos específicos | 3 |
| 1.3 Justificativa | 3 |
| 1.4 Metodologia..... | 5 |
| 1.5 Motivação | 6 |
| 1.6 Estrutura do trabalho..... | 6 |
| 2 Pesquisa Teórica..... | 9 |
| 2.1 Revisão da literatura | 10 |
| 2.1.1 Planejamento e Gestão | 14 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.1.2 | CAD – Computer Aided Design | 18 |
| 2.1.3 | BIM..... | 19 |
| 2.1.4 | Problemas mais comuns nos projetos de engenharia civil..... | 40 |
| 2.1.5 | Problemas encontrados no planejamento | 43 |
| 3 | Método Delphi | 45 |
| 4 | Estudo Prático | 49 |
| 4.1 | Profissionais atuantes em empresas brasileiras | 50 |
| 4.1.1 | Profissional 1..... | 50 |
| 4.1.2 | Profissional 2..... | 51 |
| 4.1.3 | Profissional 3..... | 53 |
| 4.2 | Profissionais atuantes em empresas Portuguesas..... | 55 |
| 4.2.1 | Profissional 4..... | 55 |
| 4.2.2 | Profissional 5..... | 57 |
| 4.2.3 | Profissional 6..... | 58 |
| 5 | Análise e comparação dos resultados..... | 61 |
| 5.1 | Dificuldade da implantação do BIM..... | 62 |
| 5.2 | Benefícios do uso do BIM..... | 63 |
| 6 | Conclusão | 65 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 67 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - PIB Brasil x PIB Construção Civil (Variação %) – 2004/2014..... | 4 |
| Figura 2 - Evolução Resultados CAGR 2007 – 2001..... | 4 |
| Figura 3 - Ciclo de Deming..... | 16 |
| Figura 4 - Repetição do PDCA para que se alcance a excelência | 17 |
| Figura 5 - Lei de evolução de custos, Lei de Sitter | 18 |
| Figura 6 - Aplicações do BIM | 20 |
| Figura 7 - Exemplo de " <i>clash detection</i> " | 22 |
| Figura 8 - Evolução da obra em comparativo do planejado com o efetivamente construído..... | 22 |
| Figura 9 - Controle da obra com realizado com BIM 4D | 23 |
| Figura 10 - Exemplo de projeto BIM 5D, elementos gráficos atrelados ao custo | 24 |
| Figura 11 - Aplicações do BIM | 28 |
| Figura 12 - Interação entre os diversos projetos de uma edificação | 29 |
| Figura 13 - Curva de MacLeamy | 30 |
| Figura 14 - Efeito da implantação do BIM nos escritórios de projetos | 31 |
| Figura 15 - Produtividade durante a implantação do conceito e das ferramentas BIM. | 32 |
| Figura 16 - Benefícios do BIM x Payback..... | 33 |
| Figura 17 - Principais áreas de investimentos de usuários do BIM..... | 33 |
| Figura 18 - Exemplo de adoção gradativa do BIM, por formação de equipes mistas..... | 37 |
| Figura 19 - Melhorias apontadas pelos usuários..... | 38 |
| Figura 20 - "Triângulo" do Projeto | 41 |
| Figura 21 - Principais causas geradoras de patologias | 42 |

| | |
|--|----|
| Figura 22 - Obra de infraestrutura aeroportuária, Aeroporto Internacional de Guarulhos, São Paulo, Brasil | 50 |
| Figura 23 - Edifícios Residenciais, imagem ilustrativa do ramo de atividade do Profissional 2/ Empresa 252 | 52 |
| Figura 24 - imagem ilustrativa do ramo de atividade do Profissional 3/ Empresa 3 | 54 |
| Figura 25 - imagem ilustrativa do ramo de atividade do Profissional 4/ Empresa 4 | 56 |
| Figura 26 - imagem ilustrativa do ramo de atividade do Profissional 5/ Empresa 5 | 57 |
| Figura 27 - imagem ilustrativa do ramo de atividade do Profissional 6/ Empresa 6 | 59 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Parâmetros de classificação das experiências didáticas de ensino do BIM | 11 |
| Tabela 2 - Classificação de experiências internacionais de ensino de BIM quanto ao nível de competência | 12 |
| Tabela 3 - Classificação de experiências nacionais de ensino de BIM quanto ao nível de competência... | 13 |
| Tabela 4 - Compilação dos resultados obtidos..... | 61 |

ABREVIATURAS

| | |
|--------|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| AEC | Arquitetura, Engenharia e Construção |
| BIM | <i>Building Information Modeling</i> |
| CBIC | Câmara Brasileira da Indústria da Construção |
| RGD | <i>Dutch Ministry of the Interior</i> |
| EBITDA | <i>Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization</i> |
| GSA | <i>General Services Administration</i> |
| IBAPE | Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| INE | Instituto Nacional de Estatística |
| IPD | <i>Integrated Project Delivery</i> |
| MEP | <i>Mechanical, Electrical, and Plumbing</i> |
| P&D | Pesquisa e Desenvolvimento |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| PMI | Project Management Institute |

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A partir da primeira metade do século XX, começam a surgir os primeiros protótipos e maquinário para contribuir com o desenvolvimento de projetos relacionados à redes elétricas, e utilização de aplicações computadorizadas para auxílio da engenharia. Estes protótipos seriam o início do que se conhece hoje por CAD.

O termo CAD (Computer Aided Design), ou do português Desenho Assistido por Computador é nome generalizado que se dá a sistemas computacionais utilizados pelas engenharias, arquitetura e design para auxiliar o projeto e desenhos técnicos. Estes softwares fornecem ferramentas para a representação de formas geométricas, tanto no plano bidimensional quanto também tridimensionalmente. No programa é possível relacionar as formas geométricas e criar representações gráficas úteis na área da engenharia e arquitetura na concepção de projetos.

Em um contexto global, com orçamentos reduzidos, prazos de entrega cada vez menores sem que a excelência final dos produtos seja afetada, surgem novas ferramentas que podem auxiliar as empresas que se relacionam com engenharia e projetos a obterem a eficiência e eficácia maximizadas.

A partir do conceito de CAD, criou-se uma nova plataforma eletrônica denominada BIM. O termo Building Information Modeling, ou “Modelagem da Informação da Construção”, refere-se, como o nome indica, ao manejo de todas as informações disponíveis do projeto em somente uma plataforma. Assim, com a integração de todos os projetos do empreendimento, é possível identificar possíveis interferências entre os diversos projetos componentes da edificação, aumento na agilidade de extração de quantitativos, e permite a visualização gráfica de diferentes possibilidades construtivas.

O BIM engloba toda geometria, relação com o espaço, informações geográficas, métodos construtivos e quantidade de materiais. Desta forma, a proposta da plataforma é fazer com que todos os componentes essenciais do projeto interajam desde o anteprojeto e planejamento à execução e acompanhamento da obra, criando uma maquete virtual que demonstra não só cada projeto isolado, mas a compatibilização deles, e possibilita a visualização do empreendimento como um todo. Este é o chamado BIM 3D.

Além de integrar todos os elementos gráficos, existem maiores aplicações para esta tecnologia, como é o caso do BIM 4D, 5D, 6D e 7D. Utilizando-se da quarta dimensão do BIM (tempo), além de se obter a representação gráfica do empreendimento, é possível relacionar softwares de planejamento que demonstram o avanço físico da obra em função do cronograma proposto e acompanhamento físico no momento da fabricação do produto, possibilitando identificar atrasos e futuras interferências construtivas e conflitos. Também é possível inserir elementos da que compõem a construção como guias e geradores, dando maior visão do espaço disponível ao planejador, à medida que é demonstrado além da edificação, toda a disposição dos elementos necessários à construção em função do espaço e tempo.

O BIM 5D relaciona as complexidades geométricas e o tempo com o custo ao longo do tempo. A utilização da tecnologia BIM 5D pode ajudar a maximizar a assertividade da previsão dos orçamentos e eficiência da mão de obra, bem como avaliar os impactos financeiros das mudanças planejadas.

No BIM 6D é adicionada a componente da sustentabilidade, resultando em estimativas do consumo de energia mais completas no início do projeto, e as escolhas de instalações com melhor desempenho energético, levando à diminuição do consumo de energético.

No BIM 7D a componente principal é a manutenção. A plataforma atua de maneira a analisar todo o ciclo de vida das instalações de acordo com o manual dos fabricantes, evidenciando as peças e componentes que devem ser substituídos devido ao término de sua vida útil operacional, tornando a troca de peças mais facilitada e por consequência, a manutenção mais eficiente.

Neste trabalho abordaremos o conceito e aplicação do BIM, relacionando-o com o nível de implantação da tecnologia no Brasil e em Portugal, atentando para os benefícios que a aplicação da tecnologia no cotidiano de construtoras e projetistas e as dificuldades de implantação no cotidiano das empresas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é estudar como o BIM pode ser útil nas organizações, estudando a implantação da tecnologia BIM em empresas brasileiras e portuguesas.

1.2.2 Objetivos específicos

Analisar a plataforma BIM qualitativamente, identificando os principais sistemas que se utilizam da plataforma.

Estudar a implantação do BIM nas empresas AEC.

Estudar os benefícios que a aplicação da plataforma BIM trouxeram para empresas brasileiras e portuguesas, na visão dos profissionais envolvidos nos projetos de arquitetura, engenharia e construção.

1.3 JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil apresenta historicamente grande influência na economia brasileira. Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), o valor adicionado bruto (VAB) da construção civil brasileira obteve crescimento de 110,24% entre os anos de 2009 e 2013. No mesmo período o VAB do Brasil cresceu 77,40%. Por outro lado, segundo o INE (Instituto Nacional de Estatística - Portugal) o VAB do setor da construção em Portugal decresceu 31%, enquanto o PIB nacional sofreu retração de 3,80%.

O VAB é um indicador econômico que representa o resultado final da atividade produtiva ao longo de um período de tempo. Assim, o setor da construção civil apresenta-se como peça fundamental na solidez do mercado brasileiro. Em Portugal, as baixas registradas chamam a atenção pelo decrescimento elevado no setor. Em ambos os países revela-se importante a necessidade de se investir no desenvolvimento do setor, no Brasil para que haja desenvolvimento ainda maior e em Portugal para que a economia não persista defasada, focando conseqüentemente, no desenvolvimento econômico do país.

A partir dos VAB's de cada empresa atuante na estrutura nacional, pode-se obter o valor do PIB (Produto Interno Bruto), um importante indicador econômico dos países. O PIB é um dos indicadores mais utilizados na macroeconomia, com o objetivo de quantificar a atividade econômica de uma região.

A figura 1 representa o gráfico obtido a partir de dados fornecidos pelo IBGE, apresentando uma série histórica de 10 anos, desde 2004 à 2014, em um comparativo entre os valores dos PIB's relativos ao Brasil e à construção civil brasileira. Como pode-se observar, os valores de crescimento anuais referentes à construção civil geralmente apresentam-se acentuadamente maiores que o crescimento geral da economia nacional.

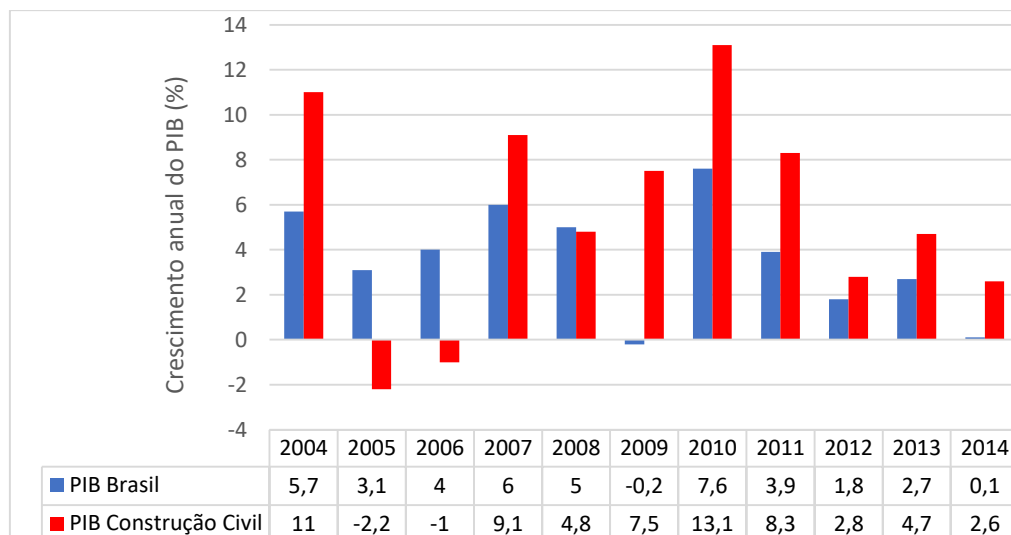


Figura 1 - PIB Brasil x PIB Construção Civil (Variação %) – 2004/2014

Fonte: IBGE; CBIC, 2015

Ainda no âmbito da economia, segundo um estudo realizado pela Ernst & Young (2014), como mostrado na figura 2, A receita líquida combinada das empresas construtoras cresceu 50% ao ano, enquanto os custos cresceram em taxas acima, cerca de 60% ao ano. O estudo também mostra que o EBITDA combinado das empresas do setor diminuiu de 21% em 2007 para 16% em 2011. O EBITDA é utilizado em sua essência para analisar o desempenho financeiro das instituições, pois mede a produtividade e a eficiência da empresa, Desta forma, evidencia-se a crescente necessidade das companhias em se investir em seus respectivos aprimoramentos e também o investimento em ferramentas que auxiliem a produtividade das empresas no setor, a fim de compensar as margens de lucro reduzidas.

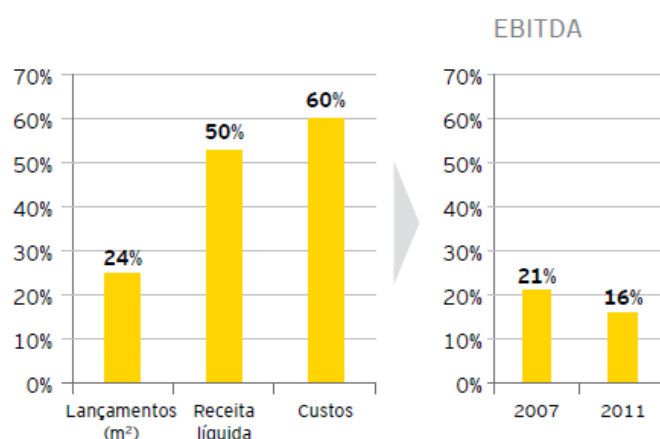


Figura 2 - Evolução Resultados CAGR 2007 – 2011

Fonte: Ernst & Young, 2014

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2009), a produtividade é o elemento básico do crescimento ao longo do tempo, e, para elevar a produtividade é necessário utilizar de maneira mais eficiente os recursos disponíveis.

Gonçalves e Gomes (1993) afirmam que, na sociedade industrializada, o progresso técnico apresenta ao menos três metas básicas: a redução do esforço de trabalho, o aumento da produtividade e a melhoria da qualidade do produto.

Conforme Eastman, Teicholz, Sacks e Liston (2011), o BIM oferece muitos benefícios aos seus usuários. Por exemplo, ele pode potencialmente aumentar a eficiência, a qualidade e a produtividade do projeto de construção através da redução do número de erros e incompatibilidades, proporcionando projetos mais precisos e a atualização de informações.

Segundo Mattos (2014), planejamento e controle se relacionam de forma condicionante para obtenção de resultados esperados de custo, prazo e qualidade. Por esta razão, é importante que as empresas envolvidas nos projetos do setor da construção se atualizem sobre novas ferramentas, e os benefícios que a implantação destas novas tecnologias podem trazer para o desenvolvimento das corporações.

À medida que a economia brasileira passa por um período de retração, é fundamental reduzir os custos, mas de forma a sempre melhorar a qualidade dos produtos e processos, trazendo às empresas posições de destaque no mercado.

Nesta linha pensamento, Nakamura (2013) afirma que não muito distante no tempo, grandes incorporadoras e construtoras brasileiras iniciaram uma sequência de projetos-piloto, que tinham como objetivo avaliar a pertinência da utilização da plataforma BIM de modelagem 3D.

É crescente a preocupação por aprimoramento na indústria brasileira. Assim, o BIM se apresenta uma alternativa plausível ao aprimoramento dos processos relativos ao planejamento e construção, e que já desperta o interesse por parte das organizações.

1.4 METODOLOGIA

Este trabalho contempla pesquisa práticas e teóricas.

A pesquisa teórica tem como fundamento as pesquisas bibliográficas sobre o tema, e variados estudos realizados por toda extensão do globo. Foram pesquisadas formas com que a implantação de tecnologia, fundamentalmente a plataforma BIM, pode auxiliar no desenvolvimento das empresas e suas respectivas dificuldades de implantação. Também foram levados em conta a difusão do

ensino da tecnologia em algumas universidades. E, não menos importante, foram estudadas as características da plataforma BIM, bem como suas limitações.

A pesquisa prática contemplou entrevista com profissionais da área de engenharia civil, arquitetura e construção. A pesquisa consistiu em verificar a motivação para implantação da tecnologia BIM na cultura das respectivas empresas, quais os benefícios gerados pela introdução da plataforma e quais as dificuldades encontradas para estabelecimento da tecnologia.

Foram observados inclusive os procedimentos os procedimentos éticos para a realização da pesquisa prática e as mesmas foram submetidas à Comissão de Ética em Pesquisa da Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie.

1.5 MOTIVAÇÃO

O autor possui afinidade com planejamento e controle de gastos. Trabalhou durante dois anos na área de obras. Na ocasião, se deparou com diversos problemas executivos que poderiam ser evitados se um maior cuidado fosse dado à área de planejamento. Tubulações com sobreposição espacial, desperdício de materiais, layout do canteiro de obras sem preparo para receber as futuras instalações, entre outras adversidades.

Assim, tendo em vista cooperar com o aprimoramento da execução da edificação, o autor decidiu pesquisar tecnologias que auxiliavam a sanar os problemas encontrados. Após algum tempo de pesquisa, encontrou o BIM (uma tecnologia altamente destacada na grande maioria das mídias especializadas em engenharia), que ainda não havia sido devidamente difundida nas empresas do Brasil tanto quanto em outras regiões do globo terrestre. Essa solução fez despertar o interesse do autor, que procurou se instruir cada vez mais sobre a nova tecnologia.

Este trabalho foi feito com muita vontade, e com o intuito de chamar a atenção dos profissionais envolvidos no setor da engenharia civil, arquitetura e construção para o aprimoramento das ferramentas de gestão.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco seções.

A Seção 1 apresenta a Introdução, que é composta pelos seguintes itens: texto de conceituação e caracterização do tema; Objetivos; Justificativa; Motivação e Metodologia.

A Seção 2, apresenta a revisão da literatura sobre a composição do tema no cenário atual. Nesta seção o enfoque é pesquisar os benefícios de se implantar a tecnologia BIM nas empresas.

Ademais, nesta seção são introduzidos conceitos e definições fundamentais para compreensão do tema abordado por este trabalho e a pesquisa teórica fundamentada na bibliografia consultada.

A seção 3, Método Delphi, descreve a metodologia Delphi, utilizada como base para elaboração da pesquisa prática e para a interpretação dos dados obtidos.

A Seção 4 apresenta a pesquisa prática e abordará, especificamente, três instituições brasileiras e mais três instituições portuguesas que implantaram a utilização do BIM em suas rotinas. Foram feitas questões relativas aos motivos que levaram estas empresas a implantarem a utilização da plataforma em suas rotinas de trabalho, os principais resultados obtidos e as dificuldades encontradas de implantação da interface.

Na Seção 5 é feita a análise dos resultados obtidos na seção 3, relacionando-os com os a pesquisa bibliográfica realizada na seção 2. Inclusive nesta seção foi discutida a aceitação da plataforma no mercado.

A Seção 6, Conclusões, relatará as conclusões do trabalho e indicará algumas recomendações para pesquisas futuras.

2 PESQUISA TEÓRICA

O aprimoramento das técnicas de produção de projetos e inserção de novas ferramentas no ambiente de trabalho do segmento da construção civil tem se tornado cada vez mais evidente à medida que esta providência afeta diretamente na geração de capital e lucro das empresas, e por consequência, diversos estudos foram e ainda estão sendo desenvolvidos com foco no desenvolvimento industrial.

O Brasil vive um período de instabilidade e incertezas, assim como Portugal. Isto se dá devido ao fato da crise econômica, que se reflete em todos os setores da economia. Assim, na ótica das construtoras, o objetivo é reduzir os custos ao máximo para se obter uma margem de lucro maior. Na ótica do cliente, o essencial é obter um produto com qualidade condizente com o valor investido. Desta forma, qualquer atividade que auxilie as construtoras a aumentar a margem de retorno dos empreendimentos é bem vista.

Com o avanço tecnológico e o maior desenvolvimento, é imprescindível a utilização de ferramentas que agreguem valor aos projetos, e que tornem a construção cada vez mais enxuta. Logo, proporcionando maior controle de todas as etapas construtivas. Com a aplicação da tecnologia, as possíveis falhas ao longo da construção são melhores percebidas, evitando ou minimizando prejuízos financeiros, baixa produtividade e perda de credibilidade diante do mercado.

Assim, as construtoras devem se atentar as características básicas de qualquer projeto: o custo, o prazo e a qualidade. Para se conseguir atingir um nível de excelência progressivamente enriquecido, o contínuo aprimoramento dos processos devem estar presentes no cotidiano das corporações. Consequentemente, as empresas que buscam o desenvolvimento são bem vistas, e a qualidade final do produto é requintada, trazendo benefícios não só para as empresas, mas para os clientes, que se sentem satisfeitos à medida que o produto corresponde ou excede as expectativas do montante investido.

2.1 REVISÃO DA LITERATURA

Para analisar o nível de implantação do BIM em um determinado país, é necessário entender que o paradigma BIM é muito mais que somente o uso em construção. O cenário de utilização da ferramenta envolve um número mais abrangente de atores e etapas do projeto.

De acordo com Succar (2009) a adoção completa do BIM não ocorre de imediato, mas através de estágios até sua completa adoção. Segundo o autor, a completa adoção do BIM está subdividida em três estágios: modelagem, colaboração e integração, partindo do status denominado “pré-BIM”, ou fase inicial de implementação, até alcançar a marca de IPD (Integrated Project Delivery) ou em português, a Entrega do Projeto Integrado, que é forma madura de utilização do BIM, e a meta ao longo prazo da implementação do mesmo.

O total uso, e otimização dos procedimentos pelo uso da tecnologia deve envolver a cadeia de desenvolvimento dos processos como um todo. Desde empreiteiras, escritórios de projetos, fornecedores de material até as universidades, formadoras da nova geração de profissionais.

O uso intensivo da tecnologia pelos profissionais envolvidos deve começar com a formação acadêmica dos mesmos. Assim, é de forma fundamental que o desenvolvimento e conhecimento da plataforma na formação dos ainda “futuro-profissionais” deve se apresentar.

De acordo com Barinson e Santos (2010, 2011), o ensino do BIM foi inicialmente inserido nos cursos de Engenharia, Arquitetura e Construção a partir de 2003. Entretanto esta prática se impulsionou entre 2006 e 2009, fruto da exigência do mercado de trabalho, que buscou profissionais competentes em gerenciar e desenvolver projetos segundo o conceito BIM. Ainda segundo os autores, o ensino do BIM está ligado ao nível de competência que o aluno deverá atingir na prática profissional.

Desta forma, Barinson e Santos (2011) dividem o nível de ensino do BIM em três níveis: introdutório, intermediário e avançado.

O nível Introdutório caracteriza-se pela finalidade de treinar o aluno em habilidades de modelagem, extração de quantitativos e princípios básicos de comunicação. Neste estágio o aluno é habilitado a atuar como modelador.

No nível intermediário, levando-se em conta o conhecimento prévio do aluno, deve ser utilizado ao menos uma ferramenta BIM, de forma a desenvolver um projeto multidisciplinar completo, checar os conflitos, analisar os modelos, levantar os custos e criar rotinas de colaboração e integração entre as disciplinas. Neste estágio o aluno é habilitado a atuar como analista.

De acordo com Ruschel, Andrade e Morais (2013), “No nível avançado ou gerencial, o aluno deve ter amplo conhecimento sobre os principais tipos de ferramentas BIM, os materiais de construção, as tecnologias construtivas e o modus operandi da construção civil.”. Neste estágio o aluno é habilitado a atuar como gerente.

A tabela 1 retrata de forma mais clara a divisão de estágios de desenvolvimento e níveis de competência dos profissionais de acordo com o a experiência didática.

| Nível de competência | Parâmetros de classificação | Estágio de adoção de BIM | Parâmetros de classificação | | |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------|---|--|--|
| | | | Modelo de informação | Fases do ciclo de vida (projeto, construção, operação) | Produtos gerados na experiência didática |
| Introdutório | Habilita modelador | Primeiro | Modelagem e produtividade | Uma fase | Modelagem paramétrica, quantitativos, documentação |
| Intermediário | Habilita analista | Segundo | Integração de modelos e uso aplicado dos modelos de informação | Duas fases | Simulações (dimensionamento, ambientais, 4D, 5D...), compatibilização e planejamento (caminhos críticos, linha de balanço) |
| Avançado | Habilita gerente | Terceiro | Desenvolvimento compartilhado e holístico do modelo de informação | Três fases | Introdução a IPD. Colaboração envolvendo múltiplos agentes. Criação compartilhada |

Tabela 1 - Parâmetros de classificação das experiências didáticas de ensino do BIM

Fonte: Ruschel, Andrade & Morais, 2013

Na tabela 2 está representada a pesquisa realizada por Ruschel, Andrade e Morais (2013), classificando instituições de ensino estrangeiras de acordo com critérios de Barinson & Santos (2008) e Succar (2009), Fase do ciclo de vida abordadas e Produtos Gerados.

| Experiência de ensino avaliadas | Níveis de competência (BARINSON; SANTOS, 2011) | Estágios de adoção (SUCCAR, 2009) | Fases do ciclo de vida abordadas | Modelo | Produtos gerados |
|---|--|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| Technion (SACKS; BARAK, 2010) | Nível Introdutório (habilita modelador) | BIM estágio 1 | Projeto Construção | Modelagem e produtividade | Modelagem paramétrica estrutural. Extração de documentação e quantitativos automáticos |
| Colorado State University (CLEVENGER <i>et al.</i> , 2010) | Nível Intermediário (habilita analista) | BIM estágio 2 | Projeto Construção | Integração de modelos e uso do aplicado | Modelagem paramétrica (estrutura, instalações, ar condicionado). Extração de quantitativos. Simulação (métodos construtivos) |
| Twente University (PETERSON <i>et al.</i> , 2011) | Nível Avançado (habilita gerente) | BIM estágio 2 | Construção | Integração de modelos e uso do aplicado (edificação existente) | Planejamento de Obra: caminhos críticos, linha de balanço, simulação 4D e 5D (visualização de fluxo de caixa) |
| Stanford University (PETERSON <i>et al.</i> , 2011) | Nível Avançado (habilita gerente) | BIM estágio 2 | Construção | Integração de modelos e uso do aplicado (edificação existente) | Planejamento de Obra: caminhos críticos, linha de balanço e simulação 4D |
| Virginia Tech/University of Southern California (BECERIK-GERBER; KU; JAZIZADEH, 2012) | Nível Avançado (habilita gerente) | BIM estágio 3 | Projeto Construção Operação | Integração de modelos e visão holística do modelo de informação (edificação existente) | Modelagem paramétrica (arquitetura, estrutura, instalações, ar condicionado). Compatibilização (<i>clash detection</i>). Simulação 4D e extração de quantitativos. Planejamento da operação (<i>facility management</i>) |
| Poly University (WONG; WONG; NADEEM, 2011) | Nível Avançado (habilita gerente) | BIM estágio 3 | Projeto Construção Operação | Integração de modelos e visão holística do modelo de informação | Modelagem paramétrica. Compatibilização (<i>clash detection</i>). Simulação 4D/5D/nD e extração de quantitativos. Planejamento da operação (<i>facility management</i>). Discussão sobre IPD. |
| Southern Illinois University Edwardsville (GORDON <i>et al.</i> , 2009) | Nível Avançado (habilita gerente) | BIM estágio 3 | Projeto Construção | Integração de modelos e visão holística do modelo de informação | Modelagem paramétrica (estrutura, instalações, ar condicionado). Extração de documentação e quantitativos. Simulação 4D/5D. Discussão sobre IPD (contratos) |

Tabela 2 - Classificação de experiências internacionais de ensino de BIM quanto ao nível de competência

Fonte: Ruschel, Andrade & Morais, 2013

Na tabela 3 são analisadas as instituições brasileiras de ensino, tomando-se como base a mesma formatação de tabela para instituições estrangeiras. Assim, a visualização e compreensão do comparativo entre as instituições brasileiras e estrangeiras é facilitada.

| Experiência de ensino avaliadas | Níveis de competência (BARINSON; SANTOS, 2011) | Estágios de adoção (SUCCAR, 2009) | Fases do ciclo de vida abordadas | Modelo | Produtos gerados |
|---|---|--|---|---|--|
| UFAL (ANDRADE, 2007) | Nível Introdutório (habilita modelador) | BIM estágio 1 | Projeto | Modelagem e produtividade | Modelagem paramétrica (arquitetura) e extração de documentação automática |
| CBM (RUSCHEL <i>et al.</i>, 2011) | Nível Introdutório (habilita modelador) | BIM estágio 1 | Projeto | Modelagem e produtividade | Modelagem paramétrica (arquitetura, instalações e estrutura) e extração de documentação automática |
| UPM (FLORIO, 2007) | Nível Introdutório (habilita modelador) | BIM estágio 1 | Projeto | Modelagem e produtividade | Modelagem paramétrica (arquitetura e estrutura) e extração de documentação automática |
| UPM (VINCENT, 2006) | Nível Intermediário (habilita analista) | BIM estágio 1 | Projeto | Integração de modelos e uso aplicado ao modelo | Modelagem paramétrica, integrada, extração de documentação automática, quantitativos e estimativas de custos |
| UFSCar (SERRA; RUSCHEL; ANDRADE, 2011) | Nível Intermediário (habilita analista) | BIM estágio 2 | Projeto Construção | Modelagem e produtividade, integração de modelos e uso aplicado | Modelagem paramétrica, extração de documentação automática e 4D |
| UNICAMP (RUSCHEL; ANDRADE, 2011) | Nível Intermediário (habilita analista) | BIM estágio 2 | Projeto Construção | Integração de modelos e uso aplicado ao modelo | Modelagem paramétrica (arquitetura e estrutura), extração de documentação automática, detecção de conflitos 4D |
| UNICAMP (RUSCHEL <i>et al.</i>, 2010) | Nível Intermediário (habilita analista) | BIM estágio 2 | Projeto Construção | Integração de modelos e uso aplicado ao modelo | Modelagem paramétrica (arquitetura, instalações e estrutura) e extração de documentação automática, detecção de conflitos 4D |

Tabela 3 - Classificação de experiências nacionais de ensino de BIM quanto ao nível de competência

Fonte: Ruschel, Andrade & Morais, 2013

Confrontando as duas tabelas acima é possível notar algumas peculiaridades discrepantes entre o Brasil e outros países. No Brasil, a maioria das instituições de ensino apresentam o nível de competência inicial, enquanto o resto apresenta nível intermediário. Já em outros países, o nível de competência introdutório representa a minoria das universidades, que demonstram níveis de competência com a maioria quase absoluta avançado.

Nos estágios de adoção, novamente as universidades brasileiras demonstram menor maturidade que se comparada com instituições estrangeiras.

Com relação às fases do ciclo de vida abordadas, as instituições brasileiras demonstram abordagem superficial, com enfoque em somente duas etapas, projeto e construção, enquanto as universidades exteriores apresentam, além destas duas etapas, também a operação.

Na quinta coluna, modelo, as universidades estrangeiras destacam-se pela visão holística presente na formação acadêmica, conceito ausente nas instituições nacionais. Tal característica seria essencial para formar profissionais aptos a gerenciar o projeto como um todo.

Ruschel, Andrade e Moraes (2013) afirmam que o ensino do BIM no Brasil vem sendo aplicado de forma gradual e pouco efetiva nos cursos de Arquitetura de Engenharia, e que ainda é preciso adotar práticas nas universidades que incentivam o desenvolvimento de projetos com a colaboração das várias componentes presentes no ciclo de vida do projeto, de maneira a formar profissionais mais comprometidos com a prática baseada no BIM.

Segundo os dados compilados obtidos por Checcucci, Pereira e Amorim (2011), a difusão do paradigma BIM no Brasil ainda é pequena e é necessário ampliá-la, embora tenha demonstrado crescimento ao longo dos últimos anos.

De acordo com os autores, a adoção do paradigma BIM foi classificada em fase inicial, na qual a inserção de alguma ferramenta BIM nos escritórios se dá individualmente e gradativamente, de acordo com o interesse do profissional em substituir a representação bidimensional por modelos tridimensionais paramétricos.

Conforme Checcucci, Pereira e Amorim (2013, p. 29), “confirmou-se que a adoção do BIM no país encontra-se numa fase inicial, com as maiores mudanças percebidas nas etapas iniciais do ciclo de vida da edificação, mais especificamente na etapa de projeto”.

2.1.1 Planejamento e Gestão

Planejamento é o serviço de preparação de um trabalho, de uma tarefa, com o estabelecimento de métodos convenientes. Segundo Chiavenato (2004), o planejamento é a função administrativa que determina antecipadamente as atividades que devem ser desempenhadas, além de quais objetivos serão alcançados, visando dar condições para que a empresa se organize a partir de determinadas análises a respeito da realidade atual e futura que se pretende alcançar.

A palavra-chave para se compreender o que é planejamento é organização. É fundamental entender também que planejamento atua nas etapas iniciais e durante a vida útil do projeto. No planejamento, as etapas são bem definidas, de forma a se integrarem para garantir maior fluidez entre os processos e garantir a qualidade do produto final.

A aplicação de planejamento é ampla, e muito utilizada por qualquer área de conhecimento ou empresa. O planejamento é utilizado na grande maioria das empresas do ramo de AEC.

O planejamento pode ser dividido em oito partes: Plano de gerenciamento do projeto, Coleta de requisitos, Definição do escopo, Definição de atividades, Estrutura analítica do projeto, Estimativa de recursos das atividades, Estimativa das durações, e por fim, o Cronograma. Cada uma descrita a seguir:

- Plano de Gerenciamento do Projeto: Fonte de informação sobre como funcionarão Planejamento, Execução, Controle, Monitoramento e Encerramento do Projeto. Desta maneira, ele documenta as ações necessárias para alcançar os objetivos esperados em cada uma dessas etapas.
- Coleta de Requisitos: Definição e documentação das necessidades e expectativas de todos os *stakeholders*.
- Definição do Escopo: Descrição detalhada do projeto e do produto ou serviço.
- Definição de Atividades: Identifica as ações específicas que serão desenvolvidas para produzir as entregas do Projeto.
- Estrutura Analítica do Projeto: Trata-se da subdivisão das entregas do Projeto em componentes menores.
- Estimativa de Recursos das atividades: Estima materiais (tipo e quantidade), pessoas, equipamentos e suprimentos necessários na realização das atividades. Quando associado aos custos, toma a forma de orçamento.
- Estimativa de durações: Estimativa do número de períodos de trabalho necessários para execução das atividades com os recursos definidos.
- Cronograma: Organiza as atividades de forma cronológica, analisando e explanando as durações, restrições e interdependências entre as tarefas. Baseia-se nas estimativas de durações e também pode conter os recursos necessários para cada atividade, o que auxilia na provisão dos mesmos.

Para que seja garantida a eficácia e correto sequenciamento de todas os processos planejados, é necessário também implantar um sistema de gestão que garanta toda a sistemática do processo.

De acordo com o Instituto de Gerenciamento de Projetos (Project Management Institute – PMI), uma das maiores associações para profissionais de gerenciamento de projetos, o Gerenciamento de Projetos, é a aplicação de conhecimentos, habilidades e técnicas para a execução de projetos de forma efetiva e eficaz, proporcionando a melhor desenvoltura das organizações diante de seus mercados.

Um exemplo de ferramenta para gerenciamento é o ciclo de Deming, ou ciclo PDCA. A sigla PDCA é advinda do inglês e significa:

- **Plan** – Planejar
- **Do** – Fazer/Desenvolver
- **Check** – Checar
- **Act** – Agir

Na figura 3, está esquematizado o ciclo de Deming, e suas respectivas etapas. Citado anteriormente, o PDCA é uma das ferramentas de gerenciamento mais utilizada entre as empresas, e inicia-se justamente com o planejamento.

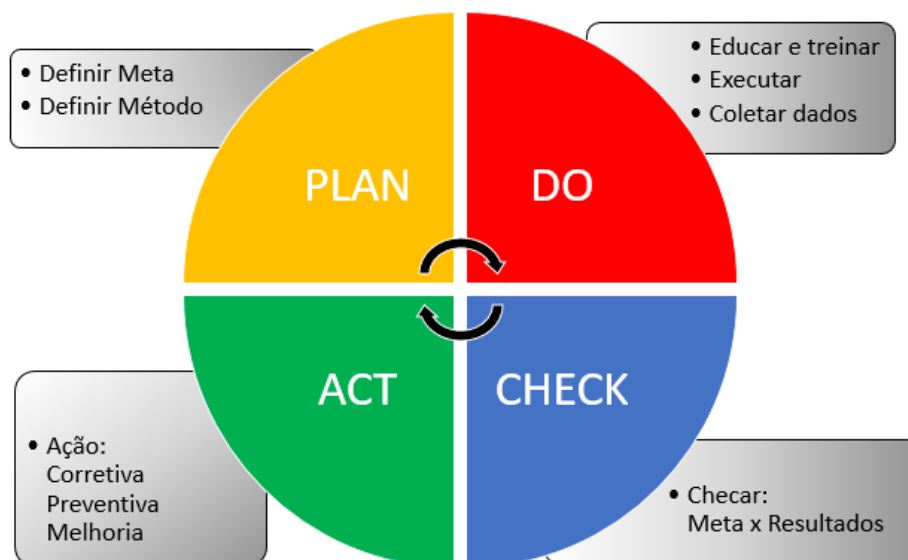


Figura 3 - Ciclo de Deming

Fonte: O autor, 2016

As etapas do ciclo são bem definidas, e devem ser repetidas até que seja alcançada a excelência do processo, produto ou sistema. A figura 4 ilustra exatamente a repetição do ciclo para que se atinja a excelência. Planejar é definir as metas, ou seja onde se quer chegar, qual o objetivo, e definir os métodos, ou seja, como serão realizados os procedimentos para se atingir a meta. A partir daí, se executa o que se foi planejado, conscientizando toda a equipe sobre o caminho que a organização pretende traçar. Comparando os resultados planejados (ideal) com obtidos (real), checa-se a eficácia e eficiência do sistema implantado. Analisando a comparação, são tomadas medidas corretivas, preventivas e de melhoria. Assim, é possível tornar o processo de criação e acompanhamento de projetos mais enxuto, de forma que o reflexo da implantação de um sistema de gestão eficiente impacta diretamente nos custos.

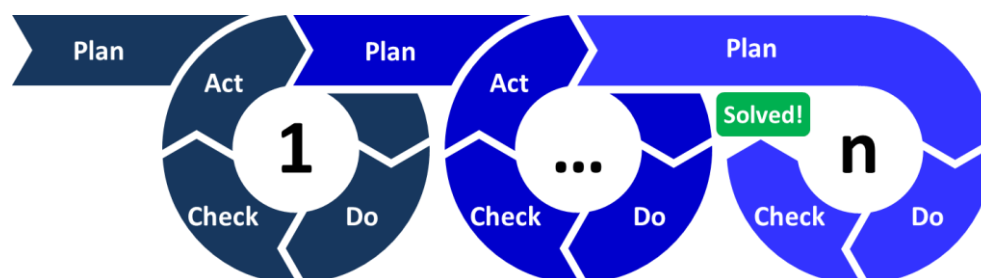


Figura 4 - Repetição do PDCA para que se alcance a excelência

Fonte: Roser, 2016

A partir de um bom planejamento e gerenciamento, os riscos construtivos são diminuídos, a utilização de recursos é otimizada e orçamento tende a apresentar-se mais próximo do real, muitas vezes menor que o convencional. Além de minimizar as perdas e proporcionar a visão holística do projeto.

Aplicado à indústria de AEC, a aplicação de um planejamento minucioso, apoiado por um sistema de gerenciamento sólido, pode contribuir para a redução dos gastos com manutenção dos edifícios. De acordo com a “lei de Sitter”, indicada na figura 5, os custos com manutenção tendem a aumentar de acordo com a evolução física do empreendimento.

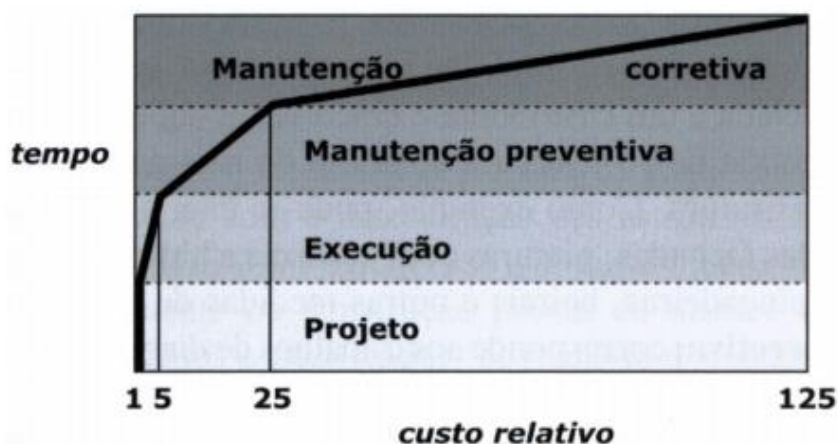


Figura 5 - Lei de evolução de custos, Lei de Sitter

Fonte: Lei de evolução de custos (SITTER, 1984 CEB-RILEM apud HELENE, 1992, p.24)

Desta forma, investir em planejamento pode inferir em aumento da margem de lucro das empresas, através da redução de retrabalhos desnecessários e aumento da assertividade, e que influenciam diretamente as despesas das construtoras.

Com um bom planejamento e gerenciamento, é possível reduzir em até 6% o custo final de um empreendimento, afirmam os estudos de Neaime (2015).

2.1.2 CAD – Computer Aided Design

CAD, do português Desenho assistido por computador é o nome que se dá à interface pioneira que auxilia a criação de projetos. Os sistemas CAD foram introduzidos na década de 60 pela IBM. Porém, somente na década de 80 a tecnologia começou a causar maior impacto como ferramenta integrante dos departamentos de projetos.

Anteriormente à criação do CAD, os projetistas e construtoras perdiam muito tempo revisando projetos, feitos à mão. Lápis, pranchetas e borrachas faziam parte de dos materiais fundamentais de todos escritórios de projetos. Toda revisão de projeto demandava muito tempo e as espessuras das linhas não apresentavam uniformidade, além de existir a possibilidade de os desenhos ficarem borrados.

A introdução do CAD trouxe muita agilidade na execução dos projetos, no planejamento, e até mesmo facilitou a interação o cliente, o projetista e a construtora. Inicialmente

disponível na versão 2D, a tecnologia utilizava formas geométricas achatadas que quando vistas em conjunto, formavam os elementos construtivos que compunham os desenhos. Assim, o CAD representou uma grande revolução no setor da engenharia, arquitetura e construção.

Durante muito tempo o CAD foi o sistema mais inovador e utilizado por engenheiros e arquitetos. Entretanto, aos poucos o sistema se tornou obsoleto e ultrapassado. Os elementos e representações gráficas não se associam. Isto é, a percepção e interpretação do desenho é responsabilidade estritamente do projetista. A ferramenta não possuía artifícios suficientes para unir todas as informações contidas no projeto. Era obrigação do projetista além de elaborar a planta do empreendimento, ter grande conhecimento técnico e visão espacial apurada para aí sim conseguir extrair as informações para produzir cortes e elevações. Os desenhos referentes ao empreendimento não possuíam alguma relação uns com os outros, na visão da tecnologia.

2.1.3 BIM

O desenvolvimento de tecnologias aliado à necessidade das empresas de melhorar os processos e procedimentos, levou à adoção de softwares e tecnologias em seus cotidianos. Assim, com a inserção de inovações dos processos, aliados às tecnologias disponíveis no mercado, as empresas conseguem aperfeiçoar a eficiência de seus projetos, tornando a produção mais enxuta.

O BIM se insere neste contexto. Anteriormente ao surgimento da tecnologia abordada neste trabalho, os projetistas apenas dispunham de ferramentas que podem ser chamadas “sem inteligência”, como é o caso do CAD. Isto é, as representações gráficas eram feitas por meio de figuras bidimensionais, onde a interpretação do desenho como um todo fica a cargo do profissional que maneja o projeto. Assim, um projeto com inúmeras variáveis, dimensionamentos e profissionais envolvidos, poderia inferir em interpretações ambíguas do projeto.

É exatamente neste ponto que o BIM se destaca das demais tecnologias disponíveis no mercado. As aplicações desta ferramenta vão muito além do que projetar. É possível contar com a plataforma durante todo ciclo de vida da edificação, desde a concepção do projeto até sua demolição.

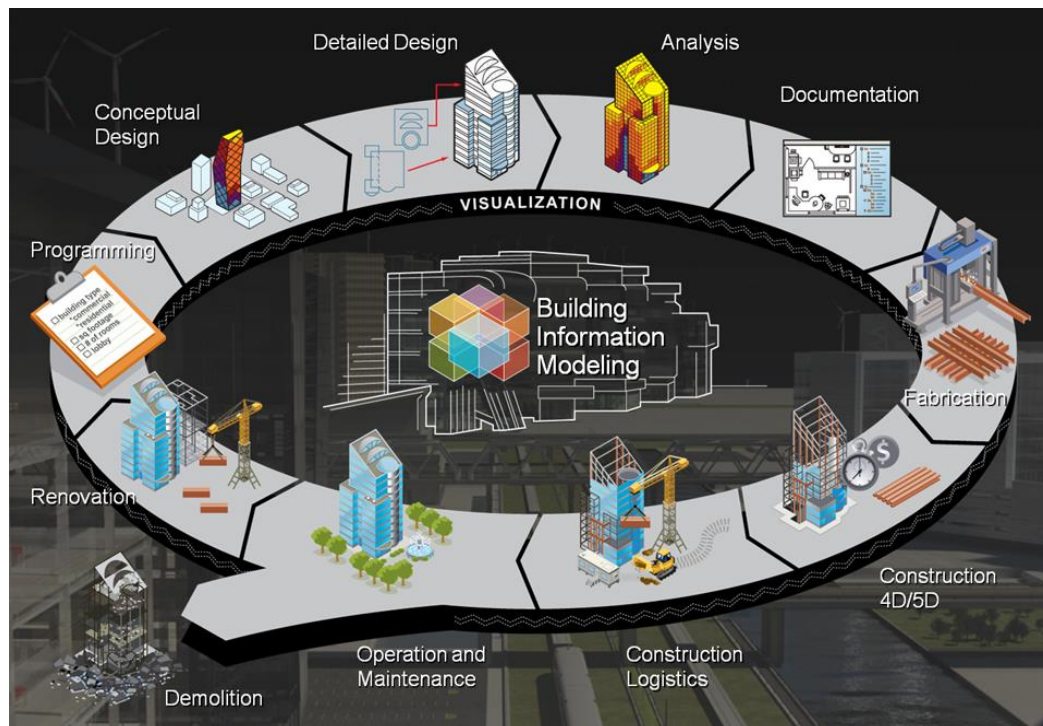


Figura 6 - Aplicações do BIM

Fonte: Gillen, 2013

Algumas outras tecnologias presentes no mercado apresentam amplitude limitada de aplicação, diferente do BIM. Softwares como MS Project e Primavera, ainda que sejam eficientes quando se trata de planejamento, funcionam como suporte de planejamento e controle. Apesar de serem competentes para o que foram desenvolvidos, seus dados necessitam conhecimento técnico para serem compreendidos.

Uma vantagem do BIM é contar com informações diretamente no computador, como uma maquete virtual, onde todas as informações estão ao alcance visual de qualquer indivíduo. É possível demonstrar a partir de cores o progresso físico da edificação. Desta forma, um leigo em programação, engenharia ou projeto é capaz de identificar rapidamente quais tarefas programadas estão de acordo com o cronograma, atrasadas ou adiantadas.

Entretanto, softwares que utilizam a plataforma BIM, em geral, não permitem a troca de dados e informações entre eles, e este é um ponto que necessita melhoria. Isto é devido ao fato de diferentes softwares serem produzidos por diferentes empresas desenvolvedoras, ou seja, se trata de um âmbito mais comercial que tecnológico. A melhor forma de compatibilizar arquivos 3D provenientes de softwares diferentes é utilizar um software de detecção de interferências (clash detection), que consiga abrir diversos formatos de arquivo.

De acordo com Rosso (2011), existe uma peculiaridade quando se trata de transportar projetos realizados em programas 2D para programas 3D, e vice versa. Segundo a autora, modelos importados de plataformas 2D podem servir de base para conceber o modelo do edifício utilizado no projeto final. Mas, por outro lado, se um projeto feito em BIM for aberto em programas 2D, o arquivo perde as informações intrínsecas, se tornando um simples modelo 2D, sem as informações acopladas.

É importante ressaltar que o BIM não é uma ferramenta meramente tridimensional. Programas que possibilitavam a visualização 3D surgiram a partir dos anos 1990. Entretanto, estes programas funcionavam apenas como ferramenta de visualização, pois não apresentavam informações incorporadas aos desenhos.

A grande diferença entre um software de modelagem 3D e um software BIM, portanto, é a sua capacidade de gerar objetos paramétricos. É a parametricidade que garante gerar objetos editáveis que podem ser alterados automaticamente e dar o suporte à plataforma BIM. Sem essa capacidade, o software é só mais um modelador de objetos 3D (ROSSO, 2011, p.68).

É a parametricidade que possibilita identificar possíveis interferências entre elementos dos projetos de instalações e estrutura, por exemplo, prevenindo patologias, erros de instalações e atrasos do cronograma.

Softwares BIM podem ser complementados por outros softwares disponíveis no mercado, e com as mais diversas funções. A associação de programas podem trazer benefícios como o cálculo de ganhos energéticos, orçamento detalhado e cronograma pormenorizado. Estas associações receberam o nome de BIM 3D, 4D, 5D e 6D. É possível se deparar com outras vertentes, como o BIM 7D e 8D, entretanto não há consenso entre os autores que contribuam para uma imagem sólida desta variação. Neste trabalho a sexta dimensão será atrelada à sétima, por questões de melhor entendimento, e não será abordada a oitava dimensão.

O BIM 3D consiste da união de todos os projetos da edificação em um mesmo ambiente virtual. A vantagem do BIM 3D é o denominado clash detection (detecção de conflitos), isto é, a detecção de inconsistência entre os projetos, como tubos que colidem com uma viga, ou uma janela que coincide com o posicionamento de um pilar.

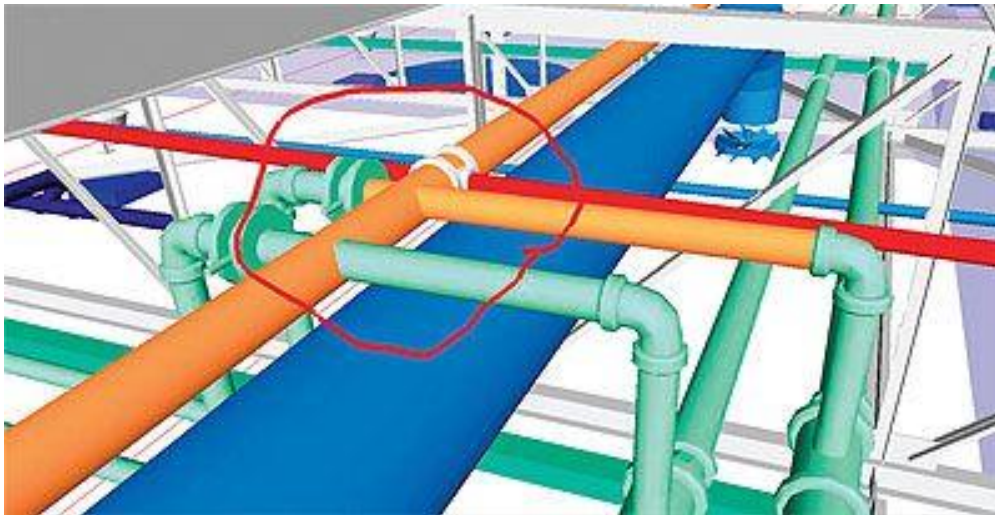


Figura 7 - Exemplo de "clash detection"

Fonte: Chichinelli, 2012

No BIM 4D os elementos gráficos referentes a edificação são agregados ao cronograma da obra. Mattos (2014) afirma: “esta correlação torna possível ao gestor acompanhar o avanço físico da construção e, com o simples arrasto de um cursor do computador sobre o cronograma, ver a obra sendo paulatinamente construída como num filme.”. É possível também, com a implementação de cores, e sua respectiva diferenciação, fazer a comparação dos cronogramas propostos e efetivamente realizados.

Na figura 8, abaixo foi proposto o controle da obra por BIM 4D, utilizando a diferenciação de cores para comparativo do cronograma proposto e efetivamente construído. Os elementos em azul estão de acordo com o cronograma proposto. Os elementos em vermelho indicam atividade em atraso. Por fim, os elementos em verde indicam que a tarefa está adiantada em comparação com o cronograma planejado, indicando folga.

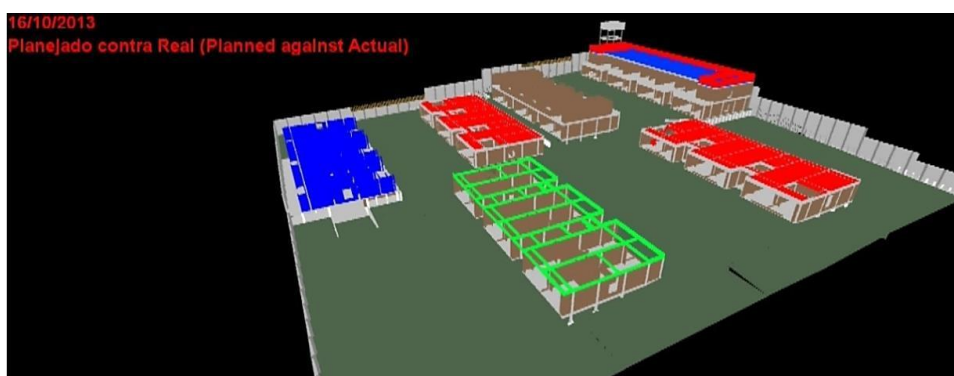


Figura 8 - Evolução da obra em comparativo do planejado com o efetivamente construído

Fonte: Brito e Ferreira, 2015

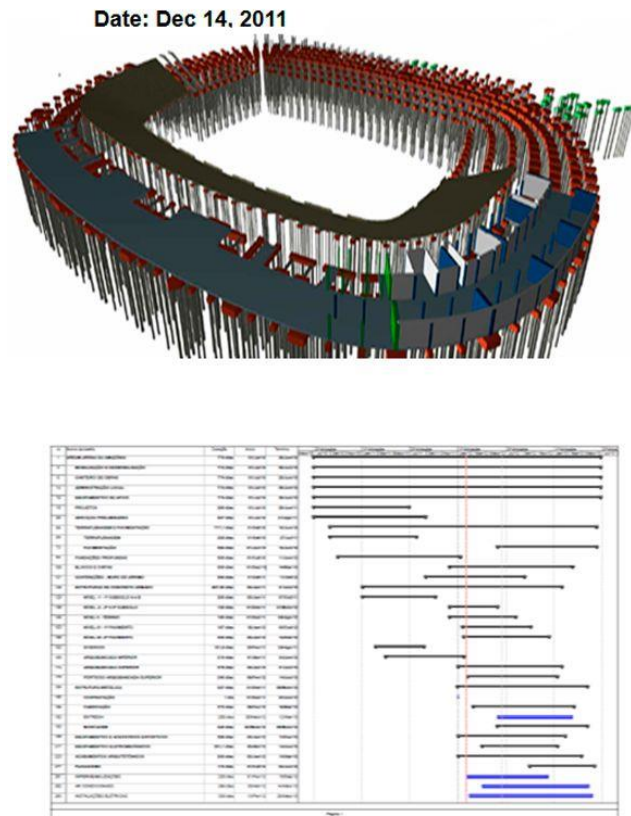


Figura 9 - Controle da obra com realizado com BIM 4D
Fonte: Mattos, 2014

No BIM 5D os elementos gráficos da construção são atrelados ao custo. Desta forma, cada elemento gráfico, ou contrutivo passa a ser associado a dados de custo. Os elementos demonstrados na imagem abaixo ficam atrelados a seu orçamento e respectivos insumos de produção. Uma simples alteração na planta possibilita a mudança no orçamento total da edificação.

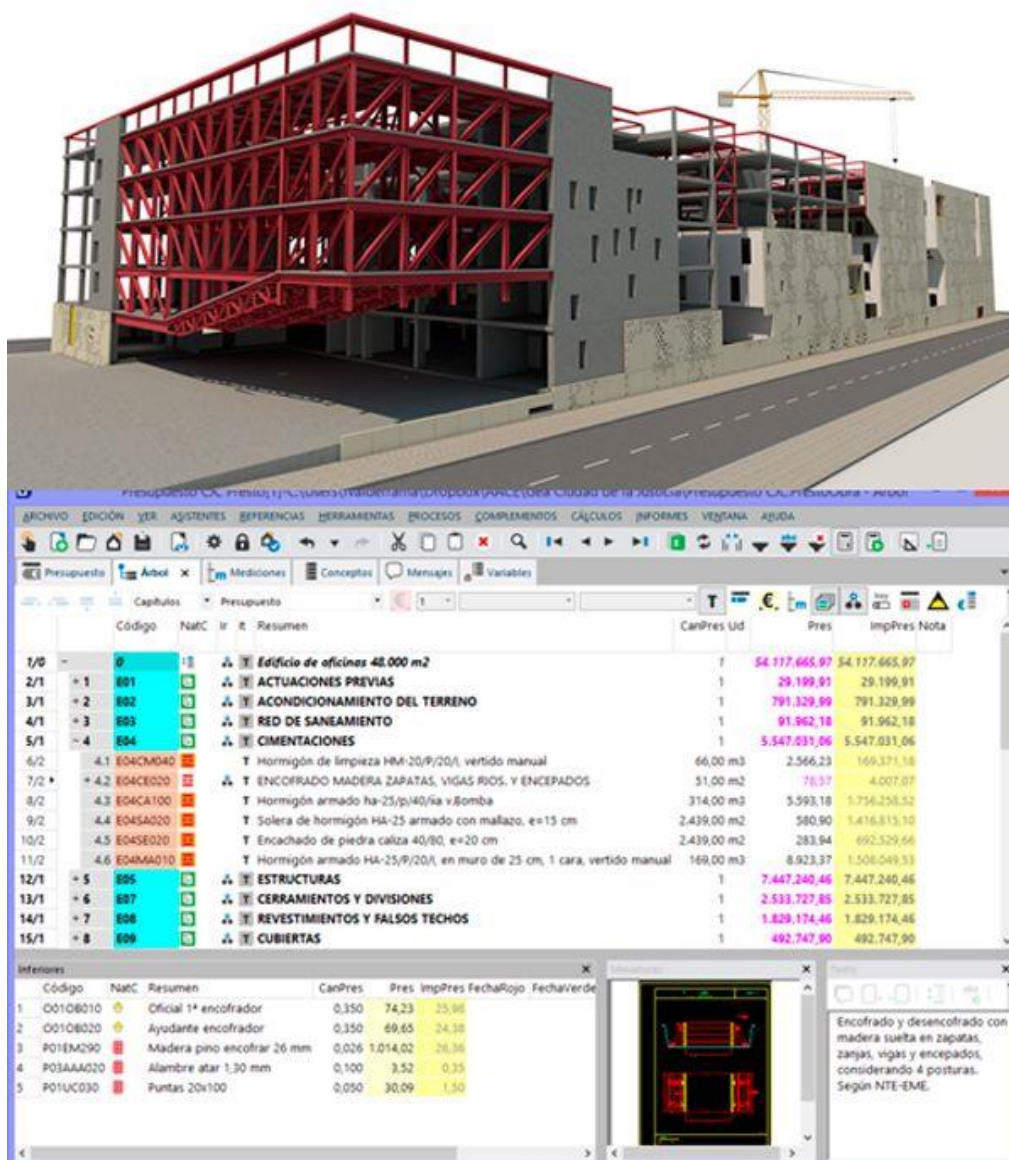


Figura 10 - Exemplo de projeto BIM 5D, elementos gráficos atrelados ao custo

Fonte: Mattos, 2014

Quando o BIM é citado como ferramenta útil durante todo o ciclo de vida da edificação, refere-se também ao pós-obra. A necessidade de manutenção e gestão dos empreendimentos também é colocado em pauta.

A razão é que esta sexta dimensão constitui a *facilities management*, ou seja, o gerenciamento do ciclo de vida do bem em questão. Com o BIM 6D, pode-se controlar a garantia dos equipamentos, planos de manutenção, dados de fabricantes e fornecedores, custos de operação e até mesmo fotos (MATOS,2014).

A sexta dimensão também é associada à questão da sustentabilidade. Análises detalhadas e conceituais de consumo de energia, rastreamento de elemento sustentável empregado e rastreamento LEED são algumas das facilidades em se trabalhar com a sexta dimensão.

Entretanto, para que seja possível trabalhar com o 6D, é necessário mudanças envolvendo todos os envolvidos no processo de desenvolvimento do projeto. O uso do BIM pelos escritórios e projetistas é mais do que uma mudança de ferramenta de trabalho. A implementação do BIM representa uma mudança na configuração do paradigma atual, uma evolução na filosofia de trabalho.

O BIM, assim, não constitui uma mudança de ferramenta. Ele constitui prioritariamente uma evolução na filosofia de trabalho.

2.1.3.1 Softwares BIM

Como já foi dito anteriormente, o BIM não representa somente um software. Esta tecnologia pode ser vista como uma plataforma, um conceito, uma metodologia. Assim diversas empresas se propuseram a criar softwares utilizando o conceito BIM. Cada programa apresenta sua peculiaridade e pode ser utilizado em conjunto com outros softwares, para criar uma rede mais consistente e uma base de dados mais sólida.

Cada software tem sua respectiva aplicação e público-alvo. Assim, todos os profissionais atuantes do ramo de AEC tem softwares correspondentes às respectivas funções que estes usuários desempenham.

Abaixo, são relacionados exemplos de softwares que se utilizam do conceito BIM, e suas respectivas aplicações:

Arquitetura:

- Autodesk Revit Architecture;
- Bentley Architecture;
- CAdSoft Envisioneer;
- Gehry Technologies - Digital Project Designer;
- Graphisoft ArchiCAD;
- Nemetschek Allplan Architecture;
- Nemetschek Vectorworks Architect;
- RhinoBIM;

- Softtech Spirit;
- 4MSA IDEA Architectural Design (IntelliCAD).

Análises de Sustentabilidade:

- Autodesk Ecotect Analysis;
- Autodesk Green Building Studio;
- Bentley Hevacomp;
- Bentley Tas Simulator;
- DesignBuilder;
- Graphisoft EcoDesigner;
- IES Solutions Virtual Environment VE-Pro.

Estruturas:

- Autodesk Revit Structure;
- Autodesk Robot Structural Analysis;
- Bentley Structural Modeler;
- Bentley RAM, STAAD and ProSteel;
- CypeCAD;
- Graytec Advance Design;
- Nemetschek Scia;
- StructureSoft Metal Wood Framer;
- Tekla Structures;
- 4MSA Strad and Steel.

MEP (*Mechanical, Electrical, and Plumbing*) – Instalações prediais:

- Autodesk Revit MEP;
- Bentley Hevacomp Mechanical Designer;
- CADMEP (CADduct / CADmech);
- Gehry Technologies - Digital Project MEP Systems Routing;
- 4MSA: FineHVAC, FineLIFT, FineELEC, FineSANI.

Construção (Simulação, estimativa e análise construtiva):

- Autodesk Navisworks;
- Bentley ConstrucSim;
- Horizontal Glue (Fabricado pela Horizontal Systems);
- Innovaya;
- Solibri Model Checker;
- Synchro Professional;
- Tekla BIMSight;
- Vico Office Suite;
- Vela Field BIM.

Facility Management – Gestão de Instalações:

- Bentley Facilities;
- EcoDomus;
- FM:Systems FM:Interact;
- Onuma System;
- Vintocon ArchiFM (For ArchiCAD).

2.1.3.2 Aplicações do BIM

Para que os ganhos de produtividade apresentem resultados concretos, seja na mão-de-obra, nos processos ou no canteiro, tudo deve ser analisado de forma integrada para que a tecnologia empregada agregue ganhos reais.

A tomada de decisão para utilização de uma nova tecnologia deve ser pautada, expondo a potencialidade de ganhos, tempo de retorno do investimento, tempo para realização dos processos, confiabilidade da tecnologia e qual impacto causará nas obras.

Nakamura, Figuerola e Giribola (2014) afirmam que os ganhos obtidos com a introdução de tecnologias para aumento da produtividade costumam ser proporcionais à qualidade do planejamento empregado.

A aplicação da tecnologia BIM é ampla. Durante todo o ciclo de vida da construção, desde a concepção inicial, é possível contar com o auxílio da ferramenta. O BIM pode ser utilizado para programação, projeto conceitual, detalhamento de projeto, análises, documentação, fabricação,

construção, logística da construção, operação e manutenção, e até mesmo tem aplicações em demolições. A figura 11 abaixo ilustra as diversas aplicações da ferramenta

Desta forma, a utilização consciente do BIM, aliado a um planejamento pormenorizado, impacta em ganhos não somente para o construtor, mas também para todos os envolvidos no projeto ao longo de sua existência.

Com uma base de dados consistente, é possível manter o projeto atualizado, o que facilita a interação entre todos os envolvidos nos processos de criação, aprimoramento e construção do projeto.

Os modelos gerados pela plataforma BIM são uma construção virtual do objeto arquitetônico. Graças a essas construções disponibilizadas nos diversos estágios do projeto, é possível quantificar, planejar, coordenar e recuperar informações a qualquer momento da vida do empreendimento e, ainda, verificar interferências, testar alternativas de projeto e ensaiar o comportamento do modelo sob a ação de diversos agentes (ROSSO, 2011, p. 70).

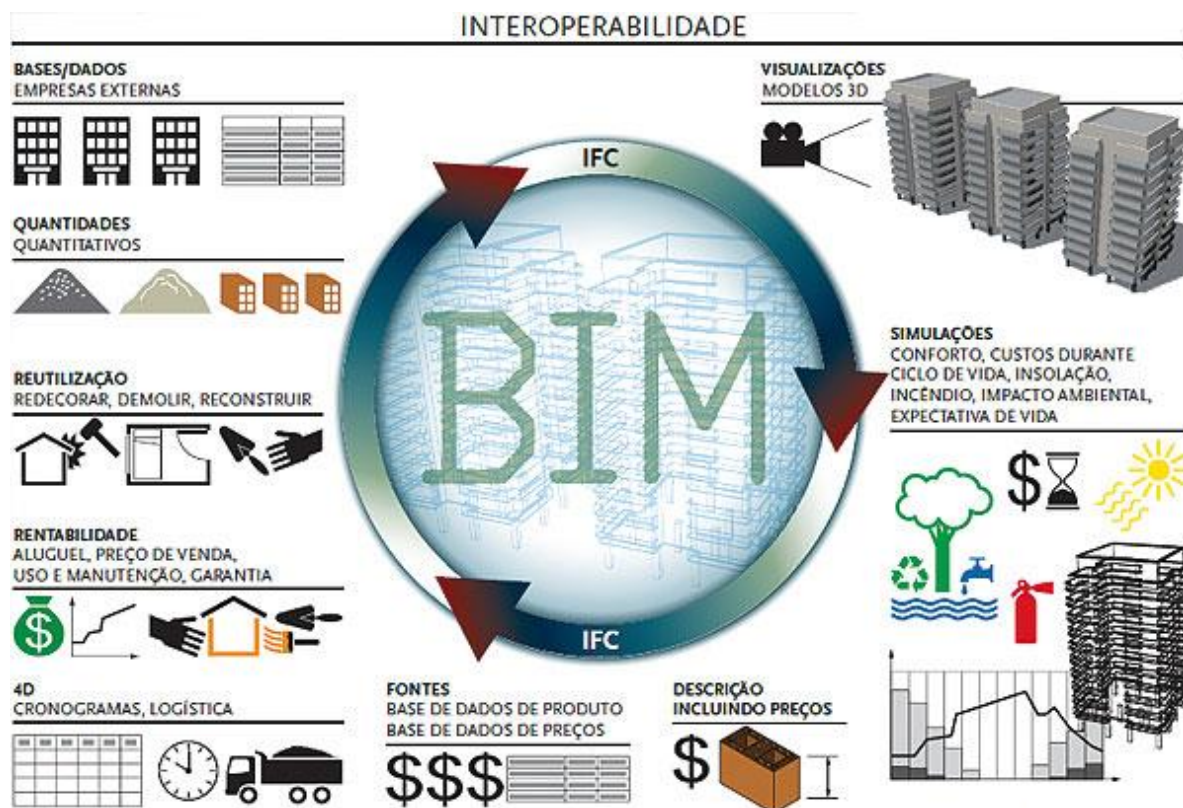


Figura 11 - Aplicações do BIM

Fonte: Rosso, 2011

Portanto todos os envolvidos no processo de criação e desenvolvimento do projeto podem utilizar o BIM. O envolvimento de todas as partes interessadas, utilizando-se da ferramenta para projetar implica no resultado do produto superior aos que ainda utilizam métodos convencionais. O arquiteto responsável pode colaborar com o projetista de instalações elétricas e hidráulicas. O responsável pelo projeto de ar condicionado e ventilação pode trabalhar em conjunto com o projetista estrutural.

O projeto se torna mais completo, e menos suscetível a erros. O que implica na redução do custo de construção, e consequente aumento da margem de lucro das construtoras. O mesmo acontece com os escritórios de projetos, que aumentam a confiabilidade de seus projetos, e evitam trabalhos desnecessários “reprojetando” o que se tinha firmado inicialmente.

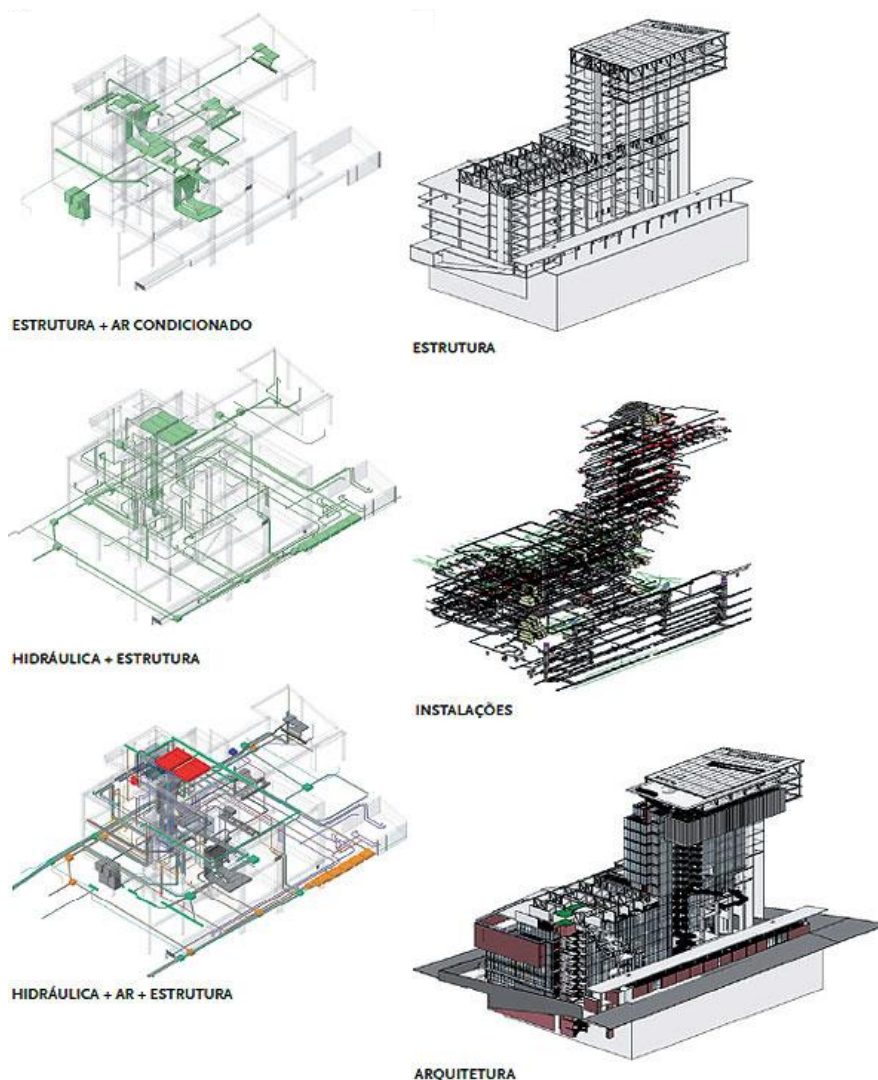


Figura 12 - Interação entre os diversos projetos de uma edificação

Fonte: Rosso, 2011

Em pesquisa realizada por Reis (2011), escritórios de projeto indicaram que a adoção do BIM trouxe uma inversão trabalho em relação ao tempo de construção da edificação. Isto é, anteriormente à adoção da ferramenta, o trabalho de projetar era menor no pré-projeto, ou ante-projeto, e aumentava durante o período de construção. Após a adoção do BIM, o tempo gasto antes de se dar o início da construção é maior, devido as análises e dados que devem ser considerados. Neste caso, com o projeto pronto, a construção não necessita revisões, e consequentemente os projetistas não são solicitados com frequência nesta fase.

A figura abaixo ilustra o esforço por parte dos profissionais envolvidos no projetos por fase do ciclo de vida do projeto. Com o BIM, o esforço se concentra nas fases iniciais, de desenvolvimento do projeto. Assim, as decisões importantes e impactantes no custo do projeto são definidas nas fases iniciais, gerando vantagem competitiva, à medida que o custo de alterar o design aumenta gradativamente conforme as fases mais avançadas do projeto.

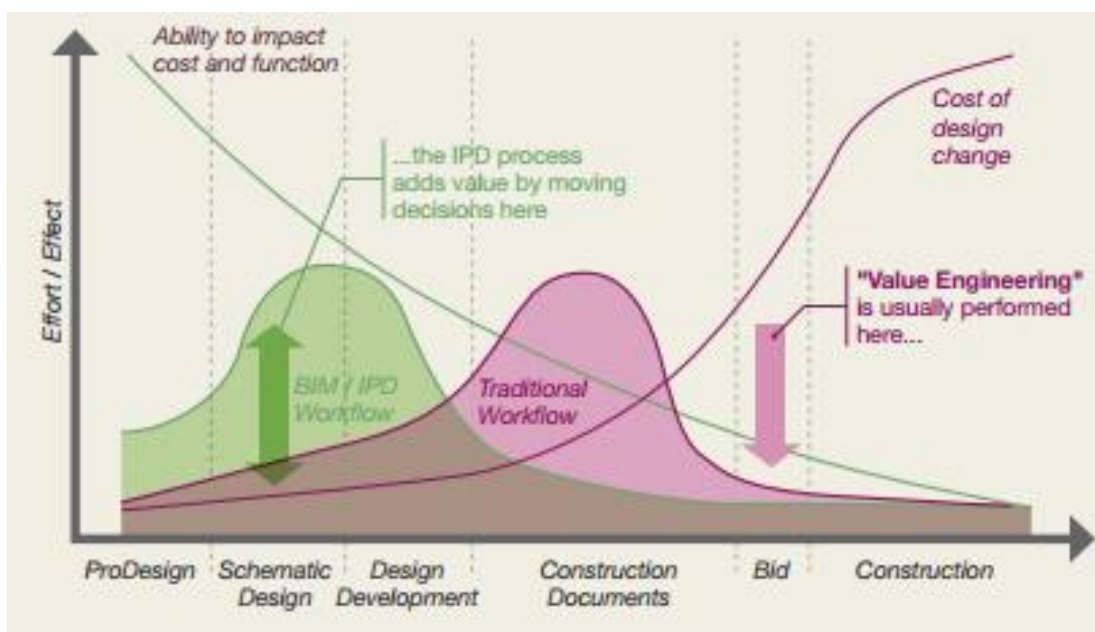


Figura 13 - Curva de MacLeamy

Fonte: Build Smart, p. 7, 2011.

Justi (2008) descreve a implantação do BIM nos escritórios como forma mais efetiva de desenvolver os projetos, e que solicitam um esforço menor por parte da equipe se esta já estiver adaptada. Na figura 14 é possível entender um pouco melhor a descrição do autor, e como o modelador paramétrico de edifícios tem um efeito superior aos métodos usuais de projeto com CAD, sem uso da parametricidade.

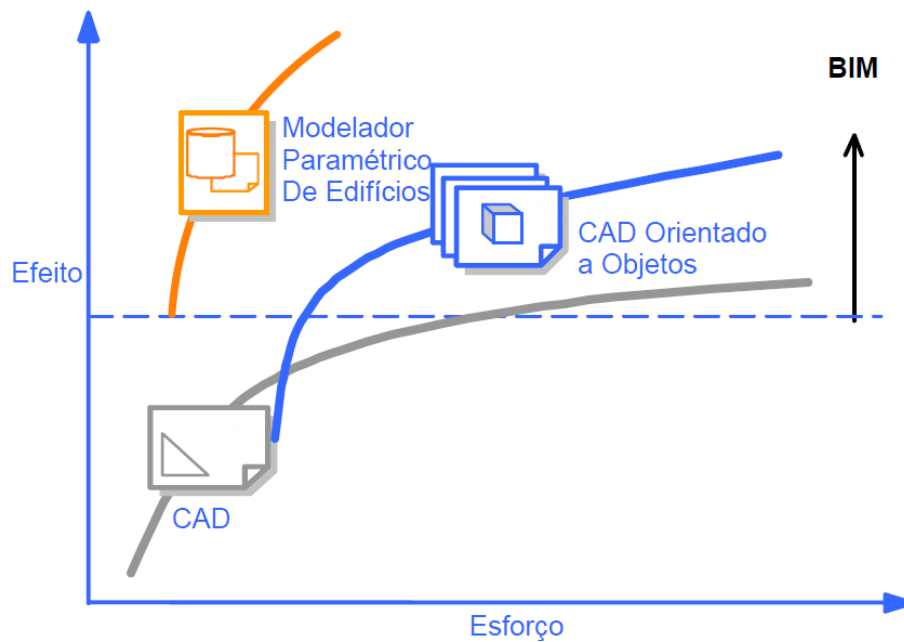


Figura 14 - Efeito da implantação do BIM nos escritórios de projetos

Fonte: Justi, 2008

De acordo com um estudo feito pela AutoDesk (2009), a empresa que investe em um novo sistema de processo, no caso o BIM, sofre uma perda de produtividade instantânea como ilustra a figura abaixo. No gráfico, houve uma perda de produtividade assim que a novo sistema foi implantado, devido dificuldades como falta de habilidade e treinamento da equipe. Com o passar do tempo, o volume de produção aumenta à medida que os modeladores, engenheiros, arquitetos e gestores entendem e dominam a nova ferramenta, se tornando até mais produtiva que o sistema utilizado originalmente.

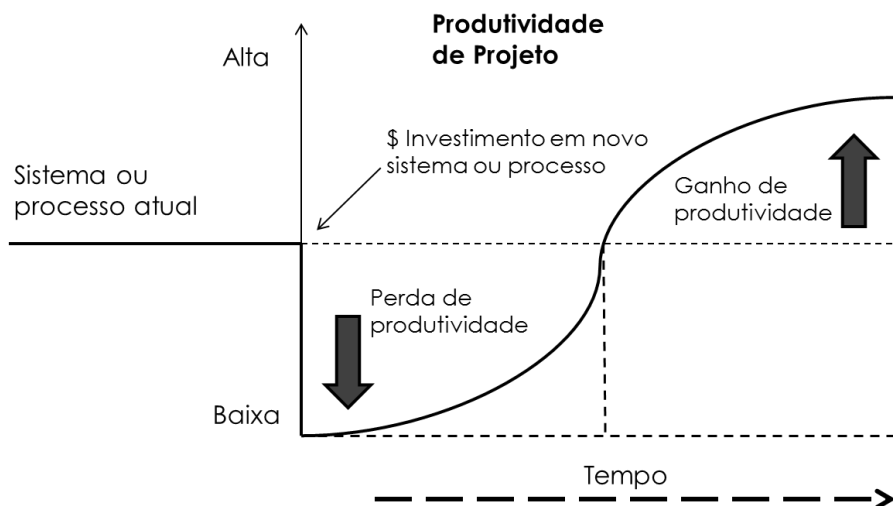


Figura 15 - Produtividade durante a implantação do conceito e das ferramentas BIM.

Fonte: Autodesk, 2009 (Adaptado pelo autor).

Com relação aos retornos de investimento, há disparidade na percepção dos benefícios trazidos pelo BIM entre os profissionais que possuem conhecimento alto da ferramenta e os profissionais que possuem pouca experiência ou experiência nula.

Como pode se observar na figura abaixo, os benefícios pela adoção da ferramenta são percebidos com maior facilidade entre os profissionais que entendem a função da tecnologia. Em outras palavras, o profissional bem informado, reconhece a melhoria que a tecnologia trás para a empresa e para sua própria produtividade no trabalho.

BENEFÍCIOS DO BIM X PAYBACK

Engenheiros, projetistas, arquitetos e contratantes norte-americanos e europeus, usuários de BIM, analisam quais os benefícios da modelagem da informação da construção que mais impactam o payback dos investimentos necessários à adoção da solução.



Figura 16 - Benefícios do BIM x Payback

Fonte: McGraw-Hill Construction, 2010, apud Blanco, 2011.

O desenvolvimento do BIM para edificações exige investimentos em uma série de processos, áreas e sistemas. Mas o foco de investimento muda, dependendo da demanda e perfil da empresa. A pesquisa da McGraw-Hill Construction (2010) apurou as principais áreas de investimento dos usuários da França, Alemanha e Reino Unido. O resultado está mostrado na figura seguinte.



Figura 17 - Principais áreas de investimentos de usuários do BIM

Fonte: McGraw-Hill Construction, 2010, apud Blanco, 2011.

A pesquisa da McGraw-Hill Construction (2010) também apurou as razões principais relatadas por não-usuários de BIM, na Europa Ocidental e nos Estados Unidos, para a não-adoção do modelo. O primeiro motivo apurado refere-se à falta de demanda por parte de seus clientes, seguido por falta de tempo para avaliar a solução e custo alto com software.

2.1.3.3 O BIM no Mundo

Algumas empresas e governos já adotam, incentivam e exigem o BIM como ferramenta em suas licitações. O Governo do Reino Unido (HM Government, 2012) instituiu em 2012 o prazo de 4 anos para que todos os projetos de construção do setor público devem ser entregues utilizando o BIM. Portanto até o final do ano em que este trabalho foi publicado, a mudança deve ser completa no Reino Unido. A intenção é reduzir o custo dos projetos de construção do governo em 20%.

Os dados abaixo foram fornecidos pela revista Build Smart no ano de 2011. A Build Smart é especializada em produtividade na construção.

Em 2003 nos Estados Unidos a General Services Administration (GSA), órgão administrador de serviços gerais do governo norte-americano, criou o programa nacional chamado 3D-4D-BIM Program. Em 2006 a GSA decretou que os novos edifício públicos projetados deveriam utilizar o BIM na fase de projetos.

Na Noruega a empresa estatal Statsbygg decidiu a utilização do BIM para todo o ciclo de vida dos seus edifícios.

Na Dinamarca, a empresa estatal the Palaces & Properties Agency, e o Defense Construction Service exigem o BIM em todos os seus Projetos.

A estatal Finlandesa Senate Properties, obriga o uso do BIM em seus Projetos desde 2007.

Na Coréia do Sul, o Serviço de Aquisições Públicas obrigará o uso compulsório do BIM a partir de 2016 para projetos superiores a 50 milhões de dólares, para o setor privado, e para todos os edifício públicos.

Em 2012 o Dutch Ministry of the Interior (RGD), órgão holandês, obrigou o uso do BIM para uso na manutenção de projetos grandes.

No Brasil, o Governo de Santa Catarina foi o primeiro estado a exigir o BIM em todas as licitações de obras públicas, com prazo final de implementação até 2018. Empresas como a Petrobrás exigem o BIM em seus editais de licitações.

2.1.3.4 Dificuldades encontradas para aplicar o BIM no cotidiano das empresas.

O sucesso na escolha e implantação de um novo processo ou sistema construtivo depende muito mais que apenas um estudo aprofundado da tecnologia em si. No processo de implementação de uma tecnologia, todas as variáveis devem ser consideradas como possíveis pontos críticos, e que de alguma forma possam gerar um incômodo na implementação da inovação.

O processo de transição das ferramentas em geral são conturbados, e necessitam de persistência e cooperação de toda a equipe. A gradativa mudança de softwares 2D e 3D para o BIM não é diferente. De fato, esta transição pode demorar mais do que se imagina, devido ao grande número de informações envolvidas no processo.

Como argumento para a resistência à implantação da plataforma BIM, algumas empresas alegam não usar a plataforma porque as outras disciplinas ainda não usam - como os projetos de engenharia -, outros apontam a inexistência de recursos para o investimento em tecnologia e treinamento. Há ainda os que afirmam que a nova plataforma poderá limitar a criação arquitetônica (BARONI, 2011).

Em estudo realizado por Checucci, Pereira e Amorim (2013), as dificuldades mais comuns encontradas por empresas do setor de AEC para aplicar o BIM em seus respectivos cotidianos são:

1) Interação com a equipe de parceiros

Como os projetos são geralmente desenvolvidos por diversos profissionais de variadas áreas, a troca de informações entre toda a equipe envolvida deve ser sólida. Portanto, se uma das partes não utiliza o BIM, o trabalho se torna dificultoso.

2) Resistência da equipe em mudar as metodologias de trabalho

Os profissionais mais habituados a utilizar outras ferramentas podem apresentar desconforto em mudar a metodologia de trabalho. Quando a equipe não está empenhada em melhorar

os processos, o incômodo na transição das ferramentas é maior. Cabe à diretoria conscientizar os profissionais sobre os benefícios que a mudança irá proporcionar.

3) Necessidade de formação de mão-de-obra especializada

Todo e qualquer processo necessita mão-de-obra capacitada. Trabalhar com softwares BIM não é fácil. Para que haja confiabilidade nas informações, e que haja fluidez dos processos, é preciso mão-de-obra adequada. É neste item que pode ser destacado o papel das universidades. A formação do profissional habilitado a usar o BIM é fundamental. Sem este, o BIM não pode ser aplicado em sua totalidade.

4) O tempo necessário para implantação da tecnologia na empresa

Logo que o BIM é aplicado, há perda momentânea da produtividade. O tempo para que o nível de produção volte ao normal e até aumente é longo. O BIM não é simplesmente uma nova ferramenta. O BIM altera alguns dos processos mais tradicionais das empresas. O tempo para implementação da tecnologia é o tempo de todos os processos, profissionais e sistemas estarem adequados à alteração da ferramenta tecnológica utilizada.

5) A pouca compatibilidade com as ferramentas até então utilizadas

Apesar de o BIM conseguir se conectar com outras ferramentas, ainda não é possível obter a interação de todas as ferramentas disponíveis. Este padrão tem mudado, à medida que o BIM tem tomado maior importância e relevância.

6) O custo elevado da adoção das ferramentas

Trabalhar com o BIM ainda não é barato. Com o custo elevado, e tempo considerável para retornar o investimento inicial, alguns investidores questionam sua necessidade nas organizações. O custo elevado também é uma barreira para grande parte dos profissionais que trabalham de forma autônoma.

7) A complexidade da tecnologia

Como o BIM é abastecido por uma rede de dados e informações, o modelador deve ser capaz de interagir e abastecer o programa. A ferramenta possui uma extensa gama de funções e criadores de dados.

8) A dificuldade no aprendizado das ferramentas

O BIM são comumente pouco intuitivas. Para aprender a trabalhar com a ferramenta, é preciso tempo e paciência. Justamente por ser uma ferramenta complexa, para o modelador aprender a utilizar e aplicar de forma correta todas as variáveis, leva tempo e dedicação.

9) Pouco material de aprendizagem: manuais, livros e bibliografia sobre o tema.

A bibliografia relacionada ao tema ainda não é extensa. Devido à complexidade da ferramenta, os materiais disponíveis não abordam todos os temas sobre a modelagem na plataforma. A

forma mais eficiente de aprendizado ainda é utilizar a ferramenta no dia-a-dia e aprender pelo método da tentativa e erro.

2.1.3.5 Implementação do BIM

Reis (2011) realizou pesquisas com escritórios de arquitetura. O resultado que demonstrou maior efetividade foi que a implementação gradativa do BIM. Primeiramente deve ser idealizado um “projeto piloto”. A intenção é testar e observar a resposta da equipe, tempo de realização do projeto e assertividade das informações. A partir do primeiro projeto realizado, a equipe forma deverá se dividir e disseminar a cultura para o restante do escritório, criando equipes de trabalho mistas, formadas por profissionais que tem conhecimento da ferramenta e profissionais que ainda não o possuem. É claro, o treinamento de todos é fundamental para que haja sucesso na transição e implementação da tecnologia.

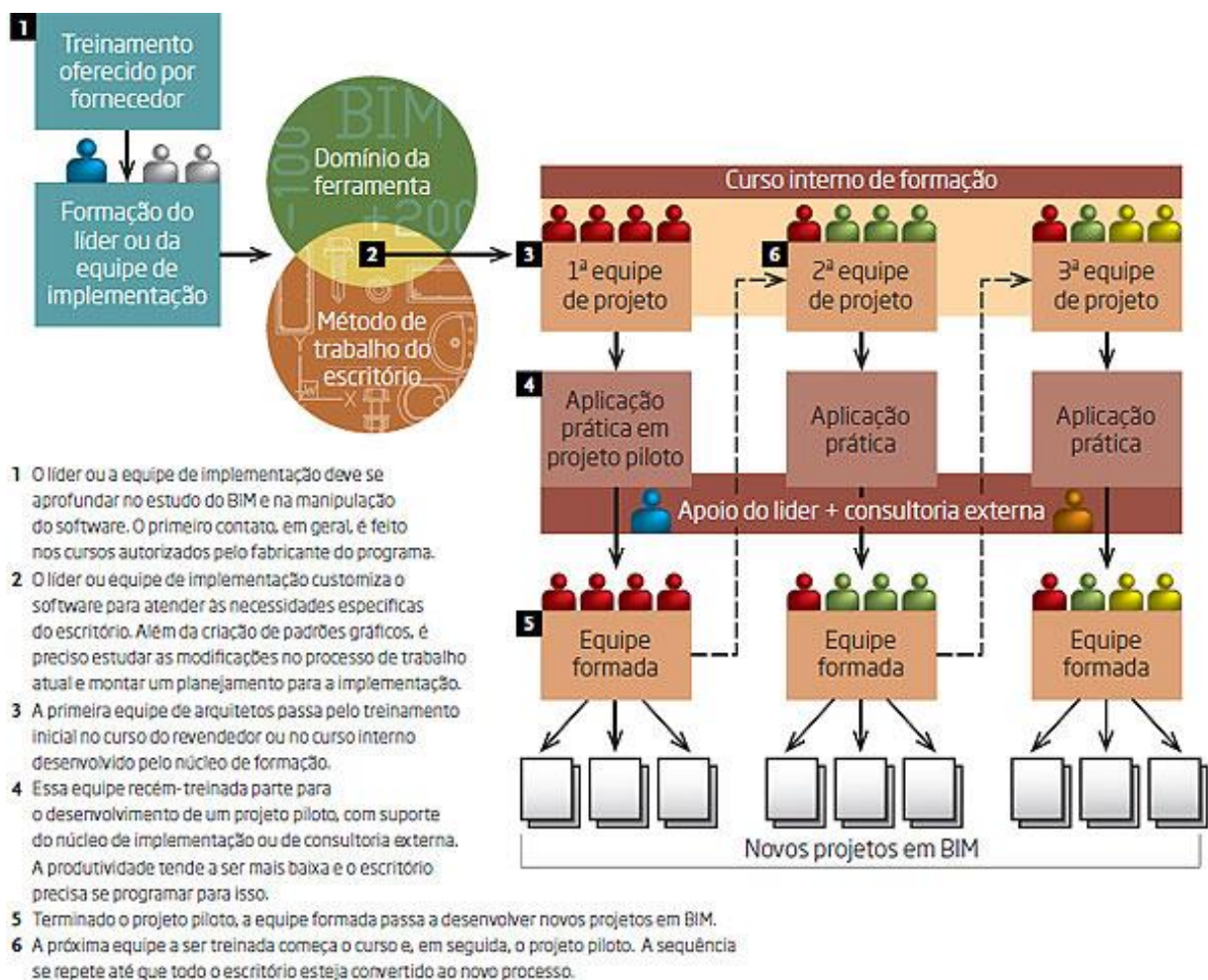


Figura 18 - Exemplo de adoção gradativa do BIM, por formação de equipes mistas

Fonte: Reis, 2011

A economia do setor de AEC funciona como um ciclo. Portanto, a falta de parceiros demonstra ser uma das principais barreiras para a migração de plataforma. Pode parecer contraditório, entretanto somente o uso do BIM pela maioria das organizações, pode alavancar o uso da tecnologia por outras empresas. Desta forma uma rede de informações é criada, fazendo com que todos os projetos sejam padrão BIM.

2.1.3.6 Benefícios de se aplicar o BIM

A principal forma de avaliar a implementação de uma nova ferramenta, é observar como os usuários desta se comportam, e quais as mudanças trazidas por essa mudança. Assim, se a equipe envolvida apresenta aceitabilidade alta, a ferramenta pode ser considerada útil, e eficaz. Em estudo realizado pela McGraw-Hill Construction (2010), provedora líder de avaliações, benchmarks e análises nos mercados de capitais e de commodities globais, os usuários, todos europeus, foram questionados sobre os principais caminhos para melhorar as vantagens de negócio do BIM.



Figura 19 - Melhorias apontadas pelos usuários

Fonte: McGraw-Hill Construction, 2010, apud Baroni, 2011.

Segundo pesquisa realizada por Checucci, Pereira e Amorim (2013), os motivos que levaram as empresas a adotarem o BIM podem ser desde exigência do cliente, como para incrementar a apresentação dos projetos. Os motivos são os listados a seguir:

- Porque as ferramentas BIM permitem realizar alterações com maior facilidade;
- Para diminuir o prazo de entrega dos projetos;
- Por causa da complexidade dos projetos que desenvolve;
- Para melhorar a apresentação dos projetos;
- Por esperar maior retorno financeiro;
- Por demanda do cliente.

Ainda com relação à pesquisa anterior, os entrevistados foram questionados também sobre as mudanças percebidas por adoção da plataforma. As principais mudanças são levantadas a seguir:

1) Facilitou a visualização do projeto

A partir da maquete virtual criada, é possível obter todos os cortes, vistas e elevações referentes ao empreendimento. Até mesmo a implantação pode ser melhor entendida. Desta forma, os envolvidos no projeto visualizam de forma mais clara o resultado final.

2) Antecipou problemas de projeto

Com o auxílio do clash detection, a interação entre todos os projetos é melhor compreendida. Problemas em projetos sempre existem. Quanto antes eles forem detectados, menor a chance de ocorrer atrasos na obra ou até mesmo futura patologia.

3) Permitiu escolha de melhores soluções de projeto, com o aumento das opções criadas

Com o BIM, é possível simular todas as opções de projeto disponíveis, e optar pela qual se alinha melhor de acordo com os interesses da empresa. Sem a tecnologia, a compreensão das soluções de projeto é dificultosa, e depende da capacidade de observação do modelador, que como fator humano, pode apresentar falhas.

4) Reduziu os erros de representação gráfica

A interação entre os elementos do projeto conferem ao BIM esta característica. Os elementos do projeto se tornam mais organizados.

5) Permitiu a geração de maior número de detalhes dos projetos

Com os detalhes mais comuns dos projetos previamente modelados, os modeladores ganham tempo para focar em tarefas mais específicas. A geração de um maior número de detalhes deve-se também pela capacidade da ferramenta em armazenar dados, e inter-relacioná-los.

6) Acelerou o processo de projeto

Com a inserção de dados básicos, o BIM é capaz de interpretar o projeto como um todo, fornecendo todas as vistas, cortes, elevações, plantas dos diversos pavimentos da edificação. Diferentemente do CAD, onde cada vista arquitetônica deve ser modelada separadamente. Os modeladores podem detectar erros mais prematuramente também, revisando o projeto inicial rapidamente.

7) Permitiu a realização de um orçamento mais próximo do real

Devido à detecção de erros nos projetos iniciais, o projeto tende a se aproximar do realmente executado. Esta característica aliada a softwares de controle de custo permite a obtenção de um orçamento mais realista.

8) Permitiu a simulação de análise energética da edificação

Com a utilização dos softwares BIM especializados em análise energética, a análise completa do edifício é simplificada. Apesar de existirem normas e planilhas que ajudem o projetista a realizar a análise energética, o BIM apresenta a obra como um todo, e possibilita a análise ampla dos dados obtidos.

9) Permitiu a redução do custo da obra

A partir da compatibilização de todos os projetos nas fases iniciais, há redução do erro e interferência entre os elementos construtivos. Além disto, a percepção durante a fase construtiva é aumentada, e até a disposição dos elementos do canteiro contribuem para uma gestão eficiente da obra, reduzindo os custos nesta etapa.

A união de todas as dimensões disponíveis para se trabalhar, unindo-se planejamento a controle de custos, sustentabilidade pode ser um futuro onde cada edificação seja como um indivíduo, com histórico de manutenções, volume de resíduos gerados pelos condôminos e alerta de possíveis patologias, para que sejam tomadas medidas corretivas com maior precisão e assertividade.

2.1.4 Problemas mais comuns nos projetos de engenharia civil

Com o desaquecimento do setor imobiliário e consequente reflexo no setor da construção, é natural que a tolerância das construtoras com relação à desperdícios de materiais, retrabalhos, atrasos de cronograma e patologias pós-obra diminua.

É neste contexto, com margens reduzidas, que os profissionais do ramo de AEC devem apresentar perfil de certa forma empreendedor, demonstrando além do esperado conhecimento técnico, visão gerencial, liderança e responsabilidade.

O perfil do profissional requisitado diante do mercado mudou gradativamente com o surgimento de novas tecnologias. A mera competência de saber lidar com a construção de um empreendimento, dá lugar agora aos profissionais antenados, que saibam também trabalhar com planilhas de controle e certificações de qualidade.

Os gestores responsáveis pela construção, por exemplo, são avaliados por uma tríade fundamental, composta por: Prazo; Custos; Qualidade. Independentemente de qualquer adversidade, o que se espera dos responsáveis é que haja cumprimento destes três itens simultaneamente. O desafio dos profissionais é conseguir gerir recursos humanos, controlar processos, lidar com orçamentos mais enxutos e cronogramas mais apertados e otimizar a produtividade, seja no canteiro ou no escritório de projetos.

Ilustrado na figura abaixo, está o denominado “triângulo do projeto”, composto pelos três itens citados anteriormente. Como foi dito, é fundamental encontrar harmonia entre os três tópicos que compõe a figura. Também está ilustrado como o não cumprimento de um dos três itens, implica no resultado do projeto, e o desvia de seu objetivo.

Se o prazo é reduzido e o orçamento também, indubitavelmente há perda da qualidade. A excelência proposta pela empresa não é atingida.

Caso o orçamento seja reduzido, sem que se abra mão da qualidade, implicará no aumento do tempo de duração proposto.

Por fim, se há necessidade de prazo reduzido e excelente qualidade, o custo total para realização do projeto será aumentado.

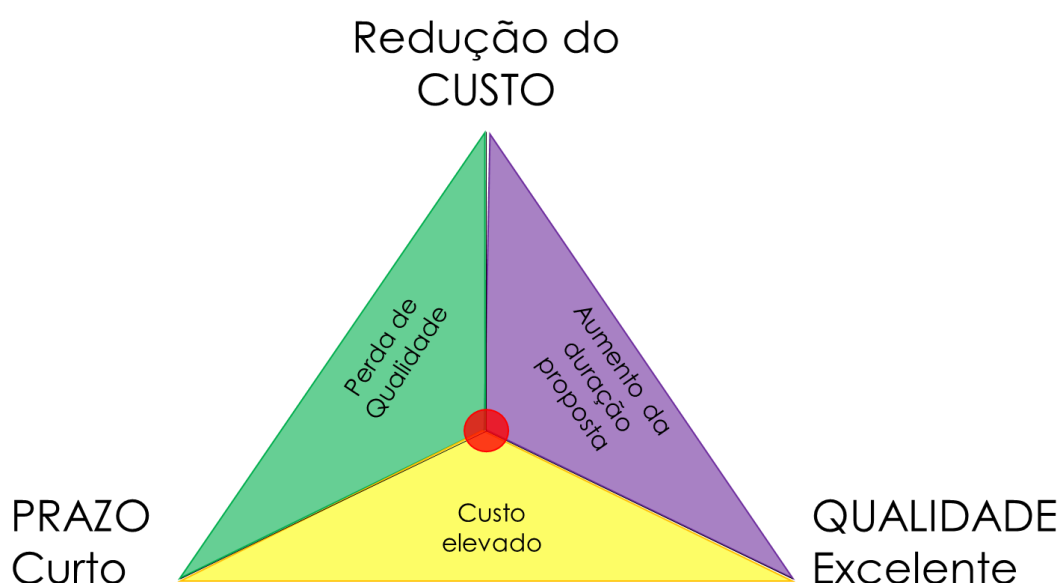


Figura 20 - "Triângulo" do Projeto
Fonte: O autor, 2016

Em pesquisa feita pela McGraw-Hill (2010), realizada na França, Alemanha e Reino Unido foram apontadas as principais razões para as empresas do setor de AEC adotarem o BIM. Ou seja, quais os motivos que levaram essas empresas a migrarem da tecnologia anterior para o BIM. Estes motivos estão listados abaixo.

- Melhorar o entendimento geral sobre as intenções do design;
- Melhorar a qualidade geral do projeto;
- Reduzir conflitos durante a construção;
- Reduzir mudanças durante a construção;
- Ciclos de aprovação do cliente mais rápidos;
- Melhor controle/previsão de custo;
- Reduzir números de pedidos de informação.

Segundo O IBAPE-RS (2013), o principal gerador de patologias em uma edificação são falhas de projeto, seguido por falha de execução, má qualidade dos materiais, má utilização pelo usuário e por fim, com representativa menor, outros motivos.

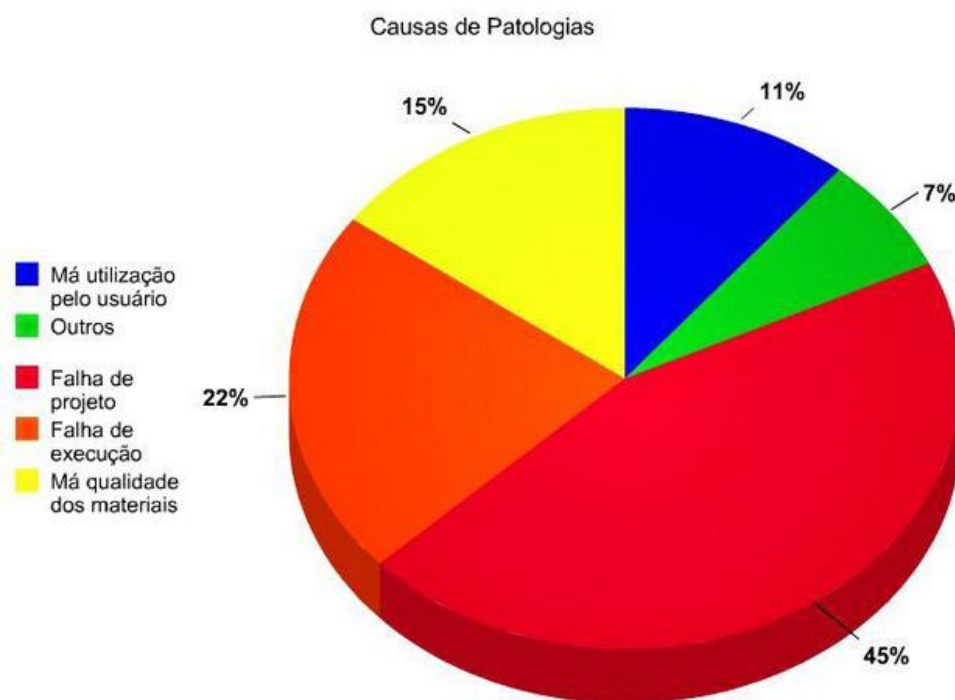


Figura 21 - Principais causas geradoras de patologias

Fonte: IBAPE-RS, 2013

Portanto, se as falhas de projeto e falhas executivas fossem extintas, 67% das patologias deixariam de existir. Este valor representa mais que um terço do total de geradoras de patologias. Desta forma, entende-se que com o auxílio de um projeto detalhado e bem pensado, as patologias diminuiriam, consequentemente o custo com manutenção, e a verba alocada para realizar reparos poderia ser investida em novos projetos.

2.1.5 Problemas encontrados no planejamento

Dificuldades não são raras quando se trata de planejamento e execução de obras. Principalmente devido ao fato de que usualmente o projeto depende de vários profissionais. A comunicação entre estes profissionais deve ser clara e contínua, caso contrário o maior afetado pela falta de comunicação é o próprio projeto. Matos (2014) afirma que a experiência possibilita observar que quase nunca o projeto almejado é o que se constrói, devido a interferências, ineficiências, alterações no projeto e mudanças de especificações. O autor afirma também que não raramente, a obra é iniciada sem que o projeto esteja em um grau mínimo de maturidade.

No Brasil, em grande parte das construtoras o planejamento não é aprofundado nas etapas iniciais do projeto. Conforme se dá a execução da obra, é realizado o planejamento e replanejamento. O replanejamento em fases executivas pode inferir no aumento dos custos e sobreposição de serviços críticos.

Desta forma, o principal problema encontrado no planejamento é o próprio planejamento, devido à falta de prioridade que é dada à esta fase do projeto.

3 MÉTODO DELPHI

O método Delphi é uma técnica de tomada de decisão caracterizado pelo fato de cada membro do grupo apresentar suas ideias isoladamente dos demais participantes da pesquisa.

Assim, com participantes isolados dos demais membros, eles não recebem influência do restante dos participantes em suas respectivas ideias e em suas linhas de raciocínio. Como não ocorre a presença física dos participantes numa reunião, este método pode ser usado quando os elementos do grupo se encontram distantes geograficamente.

Esta técnica apresenta entretanto, alguns inconvenientes, entre os quais o tempo consumido na tomada de decisão é elevado e há perda dos benefícios associados ao intercâmbio pessoal de ideias proporcionado por outros métodos.

O Método Delphi para a tomada de decisão é caracterizado pelas seguintes fases:

- a. Identificação do problema, construção do questionário e apresentação do mesmo cada um dos elementos do grupo;
- b. Resposta ao questionário de forma anônima e independente por cada um dos elementos do grupo;
- c. Compilação das respostas e sua distribuição pelos membros do grupo acompanhadas do questionário revisto;
- d. Resposta ao novo questionário da mesma forma descrita na fase 2, isto é, de forma anônima e independente;
- e. Repetição das terceira e quarta fases até se atingir uma solução de consenso.

O Método Delphi é baseado no princípio que as previsões por um grupo estruturado de especialistas são mais precisas se comparadas às provenientes de grupos não estruturados ou individuais. Este método tem sido amplamente utilizado para previsões empresariais e tem certas vantagens sobre outras abordagens de previsões estruturadas em mercados preditivos. A técnica de Delphi é frequentemente citada em manuais de gerenciamento de riscos em projetos.

O formulário aplicado contemplou as seguintes perguntas:

- Conhece o BIM? Caso positivo, como o conheceu?;
- Na sua faculdade foi apresentado ao BIM? Considera que aprendeu a utilizar a ferramenta como um todo?;
- Já trabalhou com BIM na sua carreira? Na época, se considerava preparado para utilizar e interpretar e gerenciar os dados da ferramenta?;
- É de costume na sua empresa utilizar o BIM nos projetos?;
- Na empresa, existe uma equipe/área voltada inteiramente para o BIM?;
- Contratam alguma empresa para planejar (planejar) com o BIM?;
- Exige que os escritórios de projeto parceiros utilizem o BIM?;
- A sua empresa utiliza BIM para planejar e realizar o controle (controle) da obra? Se sim: Quais softwares vocês utilizam? Se não: Acha que faria bem para a empresa / Gostaria de adotar?;
- Acredita que em um futuro próximo todas as empresas do ramo da arquitetura e construção irão utilizar ferramentas BIM?;
- Por que decidiram adotar ferramentas BIM?;
- Quais são as dificuldades encontradas em implantar essa tecnologia no cotidiano (quotidiano)?;
- Quais são as dificuldades encontradas em trabalhar com essa tecnologia?;
- Quais foram as principais mudanças/melhorias percebidas pela adoção do BIM?;
- É papel das incorporadoras, a partir da análise dos benefícios trazidos pelo BIM, impulsionar a difusão do uso da tecnologia?.

A aplicabilidade do BIM no futuro depende de fatores algumas vezes alheios à eficiência da tecnologia. A fim de “prever” um eventual futuro, são projetados cenários a partir da visão de especialistas no assunto. Uma pesquisa qualitativa pode ser valiosa na criação de tais cenários.

De acordo com Listone e Turoff (1975, p.3), o Delphi é “um método para estruturar um processo de comunicação grupal de maneira que o processo é efetivo em permitir a um grupo de indivíduos, como um todo, a lidar com um problema complexo”.

A escolha pela utilização da metodologia Delphi neste trabalho foi principalmente a dispersão geográfica que se encontram os indivíduos pesquisados e a complexidade da informação que se buscava acessar. Os entrevistados foram submetidos à um formulário disponível online, e puderam o responder de qualquer lugar do mundo onde estivessem.

O anonimato dos participantes da pesquisa, característica da metodologia Delphi, tem como objetivo evitar o domínio psicológico por parte de alguns especialistas, de forma a permitir que todos participem e ofereçam a sua contribuição.

4 ESTUDO PRÁTICO

Nesta seção serão apresentadas as pesquisas realizadas com a colaboração de profissionais do ramo de arquitetura, engenharia e construção. A pesquisa visa entender melhor qual é o nível de utilização do BIM por estes profissionais.

Por nível de utilização e implantação, entende-se o quanto os trabalhadores do ramo de AEC estão familiarizados com a ferramenta, e se entendem os benefícios e dificuldades atrelados ao BIM.

Também foi pesquisado o interesse dos profissionais por esta tecnologia, e seus respectivos pontos de vista sobre o futuro do BIM e o espaço que a ferramenta ocupa e tende a ocupar no interior das organizações.

Todos os entrevistados participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, onde fica claro o sigilo de seus nomes ao participarem das entrevistas. Foram escolhidas profissionais atuantes em empresas portuguesas e brasileiras, independentemente se estes utilizam o BIM ou não, ou se suas respectivas empresas estão alinhadas com a adoção da plataforma. Desta forma, espera-se identificar o perfil do profissional formado em ambos os países e também o perfil das empresas, se adotam o BIM por necessidade competitiva ou por melhorar a rotina de trabalho em seus projetos.

Os entrevistados 1 a 3 trabalham em empresas de origem brasileira. Os entrevistados 4 a 6 são de origem portuguesa. A Empresa 1 atua em diversas áreas da construção em diversos países, desde obras de infraestrutura, participando de licitações, até construção de empreendimentos residenciais. O entrevistado participou de uma das obras de infraestrutura no departamento de engenharia. A Empresa 2 se faz presente no setor da construção e incorporação. A Empresa 3, assim como a primeira entrevistada, também participa de áreas diversificadas da construção, e não somente no Brasil. O entrevistado participa da área de arquitetura e projetos. Todos os entrevistados representantes de empresas brasileiras atuam no Brasil.

As empresas 4, 5 e 6 são de origem portuguesa. A Empresa 4 é uma empresa tradicional, e que atua em diversos ramos do negócio em diversos países. O entrevistado exerce função na área imobiliária. A Empresa 5 também apresenta diversificação nas áreas de atuação, participando de

concessões e construções, em obras infraestruturais e civis (habitação e comércio). A Empresa 6 desenvolve projetos de engenharia e presta serviços de consultoria.

4.1 PROFISSIONAIS ATUANTES EM EMPRESAS BRASILEIRAS

Pesquisa prática realizada com profissionais brasileiros. A pesquisa visa conhecer o perfil do profissional brasileiro, como tomou ciência da existência do BIM e qual o nível de conhecimento que cada um apresenta sobre a ferramenta, destacando, se já tiver trabalhado com BIM, as peculiaridades da implantação e manejo da ferramenta.

A seguir, cada subtópico representa uma empresa e consecutivamente, uma entrevista com um profissional diferente.

4.1.1 Profissional 1

A primeira empresa entrevistada é uma empresa de grande porte, atuante em diversos países do mundo no ramo da engenharia civil. É composta por algumas empresas de acordo com o setor de atuação, que varia desde a construção de empreendimentos imobiliários à obras de infraestrutura. A receita líquida desta empresa no ano de 2015 gira em torno de 4.500 milhões de reais. Segundo dados da própria empresa, cerca de 35.000 profissionais são empregados pela organização.



Figura 22 - Obra de infraestrutura aeroportuária, Aeroporto Internacional de Guarulhos, São Paulo, Brasil
Fonte: Site da empresa, 2015

O entrevistado, apesar de ter sido apresentado à plataforma durante o período da faculdade, não considera que aprendeu a utilizar a ferramenta como um todo, principalmente devido ao fato de que na faculdade foi apresentado somente a um software BIM, não sendo abordado nenhum outro software BIM presente no mercado.

O entrevistado representante da organização conheceu o BIM enquanto atuava na empresa, e utilizou a ferramenta no ambiente de trabalho, mas não se considera preparado para interpretar e gerenciar os dados da ferramenta. A empresa possui costume de utilizar o BIM em seus projetos, e até mesmo possui um área voltada inteiramente para o BIM para projetar, exigindo que os escritórios parceiros utilizem a plataforma quando necessário. Apesar disto, a empresa não utiliza o BIM para planejar os projetos. O software utilizado pela empresa é o REVIT ARCHITECTURE, da Autodesk.

Quando questionado sobre o motivo principal para adoção da ferramenta no ambiente de trabalho, o profissional indicou a compatibilização de projetos como fator motivacional. Perguntado sobre as dificuldades de implantar a tecnologia BIM no cotidiano, o entrevistado aponta a falta de preparo da equipe como fator principal, não deixando de lado o alto custo que a adoção dos softwares disponíveis.

Quando questionado sobre os benefícios do BIM, o entrevistado apontou a diminuição de erros em projetos, e consequente diminuição de retrabalhos, muito presentes até então nos projetos e principalmente na execução das obras.

O profissional acredita que é papel das incorporadoras, a partir da análise dos benefícios trazidos pelo BIM, alavancar a difusão do uso da tecnologia, e que a utilização do BIM deveria ser obrigatória para se obter algumas certificações na obra.

4.1.2 Profissional 2

A segunda empresa entrevistada atua no campo da engenharia, na construção de empreendimentos comerciais e residenciais. A empresa atua principalmente nos estados do Rio de Janeiro e São Paulo.

A figura 23 representa um dos conjuntos de edifícios construídos pela empresa 2. Em um conjunto de edifícios de forma geral as plantas e projetos de todas as edificações são similares. Portanto, um erro cometido no projeto pode se multiplicar por todas as edificações dependentes deste projeto e maximizar os prejuízos. Um projeto bem elaborado e pensado de forma inteligente minimiza ou até mesmo evita que os custos com erros não percebidos na fase de elaboração das pranchas de desenho se manifestem posteriormente, na etapa de construção.



Figura 23 - Edifícios Residenciais, imagem ilustrativa do ramo de atividade do Profissional 2/ Empresa 2
Fonte: Site da empresa, 2016

O entrevistado conheceu o BIM em 2006, em uma palestra ministrada em uma universidade localizada nos Estados Unidos. O profissional salienta que, por ter se formado em uma época onde os estudantes não contavam com o auxílio da tecnologia no cotidiano, não pôde conhecer a plataforma BIM durante o período da universidade.

Como primeiro aprendizado da ferramenta, o profissional 2 comentou sobre um “projeto espelho” realizado em 2007, utilizando-se dos softwares, Revit e Bentley. O entrevistado considera-se hoje mais preparado, e tem familiaridade com as plataformas desenvolvidas pela Autodesk, Bentley, ArchiCad, TQS, Solibri e Vico, utilizados na empresa em que atua. O ARCHICAD, MEP REVIT e TQS são utilizados para modelagem, o Solibri para checagem do modelo e SINCRO e ARCHICAD para planejamento e controle de obra.

Ocupando um cargo de alta gerência na empresa em que atualmente trabalha, o entrevistado salienta que foi um dos percursores do BIM no Brasil, e para que o projeto tivesse melhor andamento e fluidez, o modelo gerado visava atender às variáveis de orçamento e planejamento da obra apenas.

É de costume da empresa 2 utilizar o BIM em seus projetos, tanto para modelagem do projeto quanto para o planejamento da obra. Desta forma, a empresa dedica um departamento inteiramente voltado para desenvolver o BIM. Caso exija participação de algum escritório de

desenvolvimento de projetos envolvido na modelagem do projeto, este é exigido utilizar a plataforma BIM.

As principais dificuldades de se trabalhar com esta tecnologia, de acordo com o entrevistado 2, são a falta de profissionais capacitados e experientes, e interoperabilidade dos softwares, além de existirem poucos parceiros projetistas.

Questionado sobre os pontos positivos gerados com a adoção da tecnologia, o entrevistado destacou a precisão nos orçamentos e controle de obras, interação e cooperação das equipes internas, previsão dos possíveis erros de projeto (clash detection) e transparência entre todos os envolvidos.

A motivação da empresa 2 para inserir o BIM na rotina de trabalho foi devido ao fato de a diretoria perceber no uso do BIM um diferencial competitivo, e que conferiria aos dados maior confiabilidade, agilidade e transparência das informações. O profissional 2 destaca a possibilidade de executar uma “pré-engenharia”, até então não possível e existente no gerenciamento, construção e manutenção de obras.

Por fim, o entrevistado diz não ter dúvida que é papel das incorporadoras impulsionar o a difusão do uso do BIM, devido à tecnologia proporcionar benefícios que podem contribuir para majorar o lucro das incorporações.

4.1.3 Profissional 3

O profissional 3 atua em uma organização global, atuante em mais de 25 países, mas que foi fundada no Brasil inicialmente com o propósito de servir à engenharia. Hoje a empresa atua em diversos ramos da economia. Além da engenharia, atua nos setores agroindustrial e de mineração. Especificamente no setor de engenharia, podemos citar obras infraestruturais e empreendimentos de uso residencial e comercial. De acordo com dados fornecidos pela empresa, referentes a dezembro de 2015, sua receita bruta é de cerca de 130.000 milhões de reais.



Figura 24 - imagem ilustrativa do ramo de atividade do Profissional 3/ Empresa 3
Fonte: Exame, 2013

O primeiro contato da profissional com o BIM foi em um workshop de atualização de profissionais, realizado pela empresa atual onde trabalha. Na universidade na qual estudou arquitetura e urbanismo não foi apresentada à tecnologia abordada neste trabalho. Formada em 2004, a entrevistada afirma que o motivo de não ter feito contato com plataforma BIM durante o curso universitário foi a indisponibilidade de software, já que a difusão do BIM estava no início.

No contexto atual, o profissional utiliza a ferramenta BIM no cotidiano. Entretanto, no primeiro projeto que utilizava a ferramenta com maior propriedade, a entrevistada não se considerava preparada para gerenciar as informações do projeto. Para se adequar e conseguir obter um desempenho melhor, teve de estudar cursos de REVIT e NAVISWORK. Desta forma, ficou responsável pela coordenação dos projetos.

A empresa 3 utiliza o BIM desde 2014. Segundo a entrevistada, muitos projetos utilizam algumas ferramentas BIM. A incorporação chegou a possuir um departamento inteiramente dedicado ao BIM. Hoje este departamento já não existe. Pela inexistência deste departamento, empresas consultoras são contratadas para orientar os envolvidos no projeto. Os escritórios e projetistas parceiros são contratados com a exigência de entregar os projetos em BIM. Para realizar o controle de obra, a organização utiliza o VICO.

A decisão de adotar o BIM foi devido à melhoria que traria à todo processo de ciclo de vida da edificação, desde a concepção à execução da obra, por meio da agilização na etapa de compatibilização e redução de incompatibilidade entre projeto e obra.

Foram muitas as dificuldades encontradas para implantar a tecnologia. Os projetistas não estão preparados para fazer os desenhos em REVIT e não estão preparados para fazer os clash detections no tempo certo com os demais projetistas. Além disto, a tecnologia exige computadores adequados, com capacidade de processamento alto, e necessita rede de dados com possibilidade de armazenamento em “nuvem” (armazenamento de dados em uma central administradora de dados informáticos, que podem ser acessados de qualquer local, por todos os usuários envolvidos no projeto).

As melhorias advindas da implantação da plataforma BIM foram exatamente como o esperado, de forma a proporcionar melhor visualização dos projetos e maior agilidade na compatibilização entre projetos.

Questionada sobre o futuro impacto proporcionado pela tecnologia BIM, a entrevistada acredita que em um futuro próximo todas as empresas do ramo AEC irão utilizar ferramentas BIM. Entretanto, questionada sobre o papel das incorporadoras no impulsionamento do uso do BIM, a entrevistada acredita que, embora as incorporadoras possam pressionar a utilização de ferramentas, os próprios usuários devem se motivar para aprender os programas BIM.

4.2 PROFISSIONAIS ATUANTES EM EMPRESAS PORTUGUESAS

As pesquisas práticas a seguir foram realizadas com profissionais atuante em empresas originárias de Portugal, entretanto, não necessariamente atuante no país de origem da empresa. Desta forma espera-se traçar um breve perfil dos profissionais envolvidos no setor de AEC advindos de Portugal, e como estas empresas se relacionam com o BIM.

A seguir, cada subtópico representa uma empresa e consecutivamente, uma entrevista com um profissional diferente.

4.2.1 Profissional 4

A entrevista de número quatro apresenta uma peculiaridade interessante para esta pesquisa. A entrevistada, formada no Brasil, atua em uma empresa portuguesa no setor imobiliário, nos Estados Unidos da América. É interessante pesquisar um profissional com curriculum diferenciado, pois este pode indicar alguns fatores que outros não conseguiriam. Por exemplo, é interessante observar se a escolha do BIM por uma empresa se dá meramente por ordem da alta direção ou é um fator regional, impulsionado pela disputa entre organizações. É importante salientar que as atividades da entrevistada envolvem planejamento e modelagem de projeto.



Figura 25 - imagem ilustrativa do ramo de atividade do Profissional 4/ Empresa 4
Fonte: Site da empresa, 2016

A entrevistada conheceu o BIM no escritório de arquitetura no qual na época trabalhava, em 2008. Na época, teve de aprender por conta própria a utilizar a ferramenta, já que não foi apresentada ao BIM na universidade. Apesar de atualmente utilizar o BIM no cotidiano, não considera que aprendeu a utilizar a ferramenta como um todo, já que ainda não possui conhecimento em ferramentas como o 5D e o 6D.

Na empresa 4, a qual exerce atividade atualmente, não é costume utilizar o BIM nos projetos, embora até o presente momento da pesquisa ele estar em processo de implementação. No entanto, ainda não há um departamento inteiramente voltado para uso da ferramenta. Ainda assim, todos os escritórios projetistas parceiros são exigidos desenvolver os projetos em BIM.

O motivo de sua empresa adotar o BIM, foi para facilitar a visualização. De acordo com a entrevistada 4, a principal dificuldade encontrada é que não são todos os projetistas que desenvolvem projeto na plataforma BIM, e portanto a empresa fica restrita exclusivamente aos projetistas que utilizam a ferramenta. Outras dificuldades verificadas são: O custo dos softwares; Número restrito de profissionais que sabem utilizar a ferramenta; O computador deve apresentar boa capacidade de processamento, para suportar os softwares “pesados”. A principal melhoria observada foi a redução do número de falhas nas obras.

A entrevistada gostaria de utilizar o BIM em sua totalidade, e acredita que em um futuro próximo as empresas que utilizam o BIM serão regra, e não a exceção. Segundo ela, o Brasil está

atrasado em relação aos EUA. De acordo com sua experiência tanto no mercado brasileiro quanto no mercado estadunidense, o profissional americano está mais preparado. A grande maioria dos profissionais e empresas nos EUA já utilizam o BIM. Segundo a entrevistada, a preparação dos colegas estadunidenses se deve ao fato das instituições de ensino do país abordarem com um foco maior o BIM.

4.2.2 Profissional 5

O profissional 4 atua em uma empresa tradicionalmente portuguesa, mas que se faz presente em diversos países ao redor do globo terrestre. Listada entre uma das dez maiores construtoras portuguesas de 2015, a organização atua tanto nos ramos de construção participando de obras infraestruturais e de habitação, quanto em obras de cuidado ambiental e concessões.



Figura 26 - imagem ilustrativa do ramo de atividade do Profissional 5/ Empresa 5
Fonte: Site da empresa, 2015

O entrevistado 4 conheceu o BIM através de leitura de alguns artigos sugeridos por colegas que na altura, estavam a investir na formação em BIM. Na faculdade não foi apresentado ao BIM, e não houve uma abordagem à ferramenta que considerasse profunda. Ele sugere que o motivo de não ter tido contato com a ferramenta seria o ano em que concluiu sua formação, 2011, e que a ferramenta BIM não estivesse na época difundida em um nível como no presente.

O profissional nunca utilizou o BIM em seus projetos, mas afirma que a empresa em que atua está a fazer um “projeto piloto”, para que a ferramenta se desenvolva, através da formação de colaboradores mais vocacionados para áreas técnicas e de projetos. Desta forma, existe hoje na organização um departamento inteiramente voltado para o BIM.

Apesar de não utilizar o BIM em seu projeto atual, reconhece que a implantação da ferramenta seria benéfico. O entrevistado acredita que todas as empresas que tenham uma dimensão considerável utilizarão ferramentas BIM no futuro. Entretanto, acredita que as organizações de menor dimensão sofram com o custo elevado dos softwares.

A decisão de se utilizar ferramentas BIM na empresa foi com o intuito de modernização, de forma que a empresa consiga se manter ao nível dos concorrentes, que já utilizam estas ferramentas. Resumidamente, por tendência do mercado.

De acordo com o entrevistado, para que o BIM atinja todo seu potencial como ferramenta de planeamento e controle, é necessário que todos os intervenientes saibam dominar as ferramentas. Este, um processo demorado ao nível de conscientização e formação de mão-de-obra capacitada. Estas foram as principais dificuldades encontradas para implementar o BIM.

O profissional salienta que todas as empresas do setor AEC que verifiquem que é viável a implementação de ferramentas e metodologias BIM o devem fazer.

4.2.3 Profissional 6

O profissional 6 exerce atividade em uma organização que desenvolve prioritariamente os projetos de engenharia. São desenvolvidos projetos de hidráulica, redes de gás, estruturas e comportamento térmico, entre outros. Também são realizados a coordenação de obras e gestão do projeto. A organização atua, além de Portugal, também em alguns países da África, Europa, e no Brasil.



Figura 27 - imagem ilustrativa do ramo de atividade do Profissional 6/ Empresa 6
Fonte: Google, 2016

O entrevistado foi apresentado ao BIM durante o curso universitário, onde entretanto, a ferramenta foi somente citada, sem apresentar alguma relevância. A familiarização com a ferramenta se deu durante um estágio em ambiente profissional.

No início não se sentia preparado para utilizar e interpretar os dados gerados pela ferramenta, justamente por não apresentar preparação prévia e desconhecer o conceito BIM. Entretanto, ressalta que a aprendizagem se deu de forma gradual. Compreendendo o conceito global BIM e todo o fluxo de trabalho que envolve a elaboração de um projeto, percebendo de que forma a metodologia BIM poderia se traduzir em mais valia para a organização e para as restantes especialidades intervenientes no ciclo de vida dos edifícios.

Na organização é de costuma utilizar o BIM nos projetos, embora não sempre se traduza em uma utilização por parte de todos os intervenientes, isto é, a maior parte das vezes o cliente e/ou empreiteiro não faz uso direto do modelo ou informação nele introduzida.

O BIM faz parte do fluxo normal de trabalho, integrando sempre que possível tanto a etapa de cálculo, como de desenho, medições e gestão de projeto. Toda a equipe está e deve estar ligada ao BIM. No entanto, existe um responsável pelo seu desenvolvimento dentro na empresa e um impulsionador, que é o próprio entrevistado.

Como é a própria empresa que utiliza o BIM para planejar a obra, não são necessários parceiros para esta etapa de produção. Entretanto, são exigidas que as restantes especialidades (embora ainda não tenha sido possível com todas), realizadas por parceiros, trabalhem de forma colaborativa usando plataformas BIM, mas ainda sem exigências ao nível da informação que colocam no modelo e na forma como a utilizam.

O modelo virtual é utilizado para dar apoio ao construtor, por exemplo no faseamento construtivo de uma zona importante de adensamento de armadura em ligações da nova estrutura com a existente.

A decisão de se utilizar uma ferramenta que otimizasse o trabalho fez surgir o interesse e BIM. Tudo começou pelo uso de uma plataforma BIM, sem ter a preocupação de trabalhar em BIM, isto é, fazendo uso das suas potencialidades para o trabalho ser otimizado. Com o tempo, a metodologia de trabalho naturalmente se aproximou do BIM.

De acordo com o entrevistado, para que a ferramenta BIM seja aplicada em sua plenitude, é necessário que seja utilizada em todas as fases do ciclo de vida de um edifício, de forma integrada e com forte intervenção de todos na fase inicial de projeto. No momento presente é ainda difícil encontrar um construtor ou dono de obra que saiba fazer uso de um projeto em BIM, limitando o interesse no aprofundamento do nível de detalhe do modelo.

As dificuldades encontradas para utilizar a plataforma foram a interoperabilidade entre diferentes softwares e dificuldade em justificar o trabalho extra necessário, quando não é dado o devido seguimento pelas restantes equipas de projeto, obra e manutenção.

As principais mudanças e melhorias percebidas foram a redução significativa do número de dúvidas em obra, aumento da produtividade, capacidade de resposta rápida e melhoria na coordenação entre especialidades.

O entrevistado acredita que, com maior ou menor extensão na aplicação da ferramenta, todas as empresas devem em um futuro próximo utilizar o BIM. E afirma que a cultura do BIM só poderá se estabelecer se for difundida com maior amplitude pelas instituições de ensino, através de estudos de caso e haver igualmente uma proposta governamental para uma implementação imposta e regulamentada.

5 ANÁLISE E COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção serão analisados os dados obtidos na seção anterior. O intuito é identificar um denominador comum, que seja um indicador dos motivos que levaram às organizações a adotarem o BIM, bem como identificar quais os benefícios da aplicação da tecnologia frente às necessidades apresentadas.

De acordo com os resultados obtidos na pesquisa, pode-se verificar se a plataforma BIM auxilia as empresas a obterem um melhor resultado durante todo o ciclo de vida do projeto, e se as dificuldades para implementação se tornam relevantes frente aos benefícios trazidos pelo uso da tecnologia.

Abaixo, foram compiladas na tabela 4 algumas das respostas dos entrevistados para que seja compreendido com maior facilidade a aplicabilidade do BIM nas empresas AEC.

| | Departamento BIM | Contratam empresa para planejar com BIM | Exige dos parceiros utilizar o BIM? | Softwares BIM utilizados | O BIM será regra no futuro? |
|----------------|-------------------------|--|--|---|------------------------------------|
| Profissional 1 | Sim | Não | Sim | REVIT | Sim |
| Profissional 2 | Sim | Não | Sempre que possível | ARCHICAD, MEP REVIT, TQS, SOLIBRI, SINCRO | Sim |
| Profissional 3 | Não | Sim | Sim | VICO | Sim |
| Profissional 4 | Não | Não | Sim | Não utiliza | Sim |
| Profissional 5 | Sim | Não | Não sei responder | Não utiliza | Sim |
| Profissional 6 | Sim | Não sei responder | Sempre que possível | Não utiliza | Sim |

Tabela 4 - Compilação dos resultados obtidos.

Fonte: O autor, 2016

5.1 DIFICULDADE DA IMPLANTAÇÃO DO BIM

Os entrevistados foram questionados sobre as dificuldades de implantar a tecnologia e também sobre as dificuldades de desenvolver os projetos na plataforma BIM. O primeiro questionamento refere-se ao período inicial, imaginando que a metodologia de trabalho na organização não se assemelhava com o pensamento BIM, mudando drasticamente a rotina de trabalho. O segundo questionamento refere-se ao período pós implementação da tecnologia, onde os profissionais já forçados à alterar a rotina comum de trabalho se deparam à embaraços e contratempos. As repostas dos dois questionamentos se confundem entre si.

Categoricamente, todos os entrevistados apontam a falta de preparo dos profissionais envolvidos no projetos como principal barreira à implementação da metodologia BIM. Assim, a organização se encontra limitada somente aos projetistas que dominem as ferramentas BIM, e que de acordo com os entrevistados, não são muitos.

O uso da tecnologia em sua totalidade depende de profissionais capacitados, e que saibam atuar nas diversas etapas do ciclo de vida dos projetos, para assim dar continuidade dado ao trabalho, e justificar o tempo gasto com a modelagem da edificação.

O alto custo dos softwares BIM também foi apontado como obstáculo, seguido por interoperabilidade entre os softwares disponíveis e necessidade de computadores com alta capacidade de processamento.

A pesquisa foi importante para entender se o BIM cumpre a função inicial a qual foi proposta sua implantação. E a resposta foi positiva. O BIM atendeu às necessidades e até mesmo superou as expectativas iniciais. Como foi discutido ao longo deste trabalho, implantar a cultura BIM nas organizações não é tarefa fácil. Deve-se dispender tempo e dedicação. A ferramenta deve ser aplicada aos poucos, com a conscientização de toda a equipe de como será a nova metodologia de trabalho, quais as principais alterações com a rotina costumeira de trabalho e quais os impactos positivos que a mudança acarretará.

Não se deve esperar retorno do investimento a curto prazo. À medida que os profissionais se familiarizam com a metodologia de trabalho BIM, os projetos se tornam cada vez mais completos e rapidamente modelados.

Outro ponto relevante destacado pelos entrevistados foi a precária participação das universidades e instituições de ensino como divulgadores da metodologia BIM. Os profissionais de ambos os países afirmaram que nas instituições de ensino, o BIM é brevemente citado, sem o devido aprofundamento. Assim, os profissionais em formação tem de entender e compreender a ferramenta muitas vezes por conta própria, e com a gradativa utilização da ferramenta, compreender, analisar e gerenciar os dados trabalhados na plataforma.

5.2 BENEFÍCIOS DO USO DO BIM

Os profissionais foram questionados sobre os motivos que os levaram ou levaram as organizações em que trabalham a adotar o BIM. Muitas ressaltaram falhas na comunicação entre os projetistas e demais envolvidos no projeto. Outros ressaltaram a quantidade de erros e incompatibilidades entre projetos. Apenas um dos entrevistados enxergou o BIM como diferencial competitivo, trazendo vantagem não somente internamente para a organização, mas também frente às demais organizações concorrentes.

Mesmo que as empresas ou profissionais não trabalhem com o BIM, sua eficiência é reconhecida por todos os profissionais entrevistados, e que acreditam que o BIM será uma tecnologia essencial em um futuro próximo.

De acordo com grande parte dos entrevistados, questionados sobre os motivos que os levaram ou levaram as organizações em que trabalham a utilizar o BIM, a ferramenta supriu às necessidades iniciais, até superando as expectativas.

A melhoria que teve maior número de apontamentos foi a redução de erros em projeto. A redução e previsão de problemas na execução da obra também obteve significativo espaço. Também apresentou-se como ponto em comum da maioria das entrevistas, a melhor interação entre os projetistas, melhorando a visualização do projeto como um todo e melhor agilidade para compatibilização. Todos os profissionais já ouviram falar do BIM, mesmo que ainda não possuam experiência profissional com a ferramenta.

6 CONCLUSÃO

Com a realização deste trabalho foi possível concluir que a indústria AEC, ciente dos problemas e dificuldades em gerir e planejar os projetos, busca alternativas para melhorar as diretrizes e metodologias da rotina de trabalho. Os profissionais deste setor reconhecem os benefícios trazidos pelo BIM, e entendem a ferramenta como essencial em um futuro próximo.

Entretanto, a difusão da metodologia BIM ainda é limitada pelo número de profissionais habilitados a utilizar a ferramenta. A mudança cultural trazida pelo BIM não tem sido discutida nas instituições de ensino portuguesas e brasileiras. Nos artigos brasileiros e portugueses as informações sobre o BIM se limitam a entender os seus benefícios, não abrangendo a utilização da ferramenta de forma completa, utilizada em todas as etapas do ciclo de vida do projeto e edificação.

Ambos os mercados nacionais, ainda que especulem utilizar o BIM e, de fato há uma minoria que utiliza a plataforma, se defrontam com a falta de profissionais treinados e especializados em modelar, gerenciar e compreender os dados inerentes à ferramenta. O alto preço e custo de implantação também são uma barreira que impede a melhor difusão do uso da tecnologia. Esse custo alto torna mais difícil a adoção da ferramenta por profissionais autônomos, que não veem justificativa para o alto investimento em softwares.

Embora os profissionais e empresas reconheçam as melhorias trazidas pelo BIM, estas ainda são superficiais. A maioria dos entrevistados citou o benefício da melhor compatibilização dos projetos. A fase citada é apenas o começo do ciclo de vida da edificação.

O fato é que uma melhoria gerada pela metodologia leva à outra, e conforme o BIM é aplicado em sua totalidade, durante todo o ciclo de vida do projeto, cada profissional envolvido em uma fase encontra benefícios advindos da tecnologia durante todas as fases do projeto/construção.

Enquanto outros países apresentam legislações e editais que tornem o uso da plataforma obrigatório, Brasil e Portugal estão apenas em fase inicial de implantação. O BIM já é reconhecido como ferramenta eficiente na gestão e planejamento de projetos. Apesar do número reduzido de usuários, a metodologia tende a crescer, e se tornar fundamental em todas as organizações.

A forma e velocidade como o BIM é integrado ao cotidiano das empresas AEC depende de diversos fatores, como foi abordado ao longo deste trabalho. Portanto, como proposta de pesquisas futuras, uma sugestão é acompanhar a evolução da implantação e adoção da tecnologia dentre as organizações, entrevistando os profissionais atuantes em tais empresas.

Objetivando desta forma, verificar se o BIM efetivamente crescerá, como os profissionais entrevistados concordaram que cresceria, ou se daqui há alguns anos o BIM será substituído por outra tecnologia mais eficaz e eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUTODESK. **BIM's Return on Investment**. 2009. Disponível em:

<http://sayisalgrafik.com.tr/images/yapibilgisistemi/yazi_solesiler/1Revit_BIM_ROI_Jun05.pdf>. Acesso em: 13 set. 2015.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Ensino de BIM: tendências atuais no cenário Internacional. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, São Carlos, v. 6, n. 2, p. 67-80, dez. 2011.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. Review and Analysis of Current Strategies for Planning a BIM Curriculum. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON APPLICATIONS OF IT IN THE AEC INDUSTRY& ACCELERATING BIM RESEARCH WORKSHOP, 27, Cairo, 2010. **Proceedings...** Cairo: Virginia Tech, 2010.

BARONI, Larissa Leiros. As vantagens da plataforma BIM incluem todo o ciclo de vida do edifício, desde os estudos de viabilidade até a demolição: Ainda que reconhecido mundialmente, conceito é pouco explorado em mercado brasileiro e a dúvida está presente em muitos escritórios de arquitetura. **Au**, São Paulo, n. 208, p.67-71, jul. 2011. Disponível em: <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/vale-a-pena-migrar-224372-1.aspx>>. Acesso em: 23 maio 2016.

BARONI, Larissa Leiros. **Os desafios para implementação do BIM no Brasil**. Revista PINI Construção Mercado. Edição 115. Fev, 2011. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/115/artigo282477-1.aspx>>. Acesso em: 08 mai. 2015.

BLANCO, Mirian. Vantagens de negócio: Saiba o que as empresas têm a ganhar ao adotar a modelagem da construção para empreendimentos residenciais e comerciais. **Construção Mercado: Negócios de incorporação e construção**, São Paulo, n. 115, fev. 2011. Mensal. Disponível em: <Saiba o que as empresas têm a ganhar ao adotar a modelagem da construção para empreendimentos residenciais e comerciais>. Acesso em: 24 maio 2016.

BRITO, D. M. de; FERREIRA, E. de A. M. Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 203-223, out./dez. 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212015000400047>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

BUILD SMART: A CONSTRUCTION PRODUCTIVITY MAGAZINE. Singapore: Building And Construction Authority, v. 09, dez. 2011. Mensal. Disponível em: <https://www.bca.gov.sg/publications/BuildSmart/others/buildsmart_11issue9.pdf>. Acesso em: 31 maio 2016

CHECCUCCI, É. S.; PEREIRA, A. P. C.; AMORIM, A. L. **Uma visão da difusão e apropriação do paradigma BIM no BRASIL** – TIC 2011. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 19-39, jan.-jun. 2013. <http://dx.doi.org/10.4237/gtp.v8i1.232>

CHECCUCCI, E. S.; PEREIRA, A. P.; AMORIM, A. L. **A difusão das tecnologias BIM por pesquisadores do Brasil.** In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5., 2011, Salvador. Anais... Salvador: UFBA, 2011. CD-ROM.

CHIAVENATO, Idalberto. Administração nos novos tempos. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

CICHINELLI, Gisele C.. BIM: Disparidade na adoção entre projetistas, arquitetos e construtoras faz com que uso do BIM ainda seja permeado por problemas de compatibilidade no Brasil. No entanto, usuários pioneiros afirmam que benefícios em produtividade compensam dificuldades. **Construção Mercado: Negócios de Incorporação e Construção**, São Paulo, n. 127, p.56-71, fev. 2012. Mensal. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/127/integracao-absoluta-disparidade-na-adocao-entre-projetistas-arquitetos-e-282614-1.aspx>>. Acesso em: 21 mai. 2016.

GILLEN, Matt. **Building Information Modeling (BIM): Framing the Issues.** 2013. 1 figura. Disponível em: <<http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/MGILLEN-BIM-FINAL-8-5-13.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2016.

GONÇALVES, J.E.L e GOMES, C.A. A tecnologia e a realização do trabalho. **Revista de Administração de Empresas.** V.33, n.1, pag. 106-121, jan/fev 1993. Disponível em: <

http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_pdf&pid=S0034-75901993000100010 >. Acesso em: 14 mar.2016.

HELENE, P. R. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 2. ED. São Paulo, 1992. Cap. 1, p. 18-26.

HOLANDA. Rijksgebouwendienst. Ministry Of The Interior And Kingdom Relations. **Rgd BIM Standard**. 2012. Disponível em:

<file:///C:/Users/Marcello/Downloads/Rgd_BIM_Standard_v1_0_1_EN_v1_0__2_.pdf>. Acesso em: 31 maio 2016.

IBAPE-RS. **Patologia da Construção Civil: Principais Causas**. 2013. Disponível em: <<http://ibape-rs.org.br/2013/06/patologia-da-construcao-civil-principais-causas/>>. Acesso em: 24 maio 2016.

JUSTI, Alexander Rodrigues. IMPLANTAÇÃO DA PLATAFORMA REVIT NOS ESCRITÓRIOS BRASILEIROS: Relatos de uma experiência. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p.140-152, maio 2008. Disponível em: < <https://goo.gl/SeUqZm> >. Acesso em: 24 maio 2016.

LINSTONE, Harold A., TUROFF, Murray. The Delphi method: techniques and applications. London: **Addison-Wesley**, 1975.

MATOS, Aldo Dórea. **BIM 3D, 4D, 5D e 6D**. 2014. Disponível em: <<http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/bim-3d-4d-5d-e-6d-335300-1.aspx>>. Acesso em: 17 dez. 2014.

MATTOS, Aldo Dórea (Org.). **Planejamento e Controle de Obras**. São Paulo: Pini, 2010. 426 p.

NAKAMURA, Juliana (Org.). Como anda o BIM nas incorporadoras. **Construção Mercado**, São Paulo, v. 143, p.30-33, jun. 2013. Mensal. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/143/como-anda-o-bim-nas-incorporadoras-desde-que-comecaram-290692-1.aspx>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

NAKAMURA, Juliana; FIGUEROLA, Valentina; GIRIBOLA, Maryana. Produtividade Planejada. **Téchne: A revista do engenheiro civil**, São Paulo, n. 206, p.24-35, maio 2014. Mensal. Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/206/artigo311437-1.aspx>>. Acesso em: 19 maio 2016.

NEAIME, Fernando. **Os benefícios do gerenciamento de obras**. 2015. Disponível em: <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=12>>. Acesso em: 012 mai. 2016. PORTUGAL. PORDATA. (Ed.). Valor Acrescentado Bruto: Total e por ramo de actividade. 2015. Disponível em: <[http://www.pordata.pt/Portugal/Valor+acrescentado+bruto+total+e+por+ramo+de+actividade+\(base+2011\)-2293](http://www.pordata.pt/Portugal/Valor+acrescentado+bruto+total+e+por+ramo+de+actividade+(base+2011)-2293)>. Acesso em: 14 out. 2015.

REIS, Pâmela. Saiba como foi o processo de implementação do BIM em escritórios de arquitetura como Aflalo & Gasperini, Gui Mattos, Orbi Arquitetura e Clarissa Strauss: Conheça os tropeços e as soluções encontradas por escritórios de diferentes portes na transição para BIM. **Au**, São Paulo, n. 208, p.67-71, jul. 2011. Mensal. Disponível em: <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/artigo224373-1.aspx>>. Acesso em: 23 maio 2011.

ROSSO, Silvana Maria (Ed.). Softwares BIM: conheça os programas disponíveis, seu custo, principais características e segredos. **Au**, São Paulo, n. 208, p.67-71, jul. 2011. Mensal. Disponível em: <<http://au.pini.com.br/arquitetura-urbanismo/208/artigo224333-2.aspx>>. Acesso em: 18 maio 2016.

SANTA CATARINA. Governo de Santa Catarina. Secretaria de Estado do Planejamento. **Caderno de apresentação de projetos em BIM**. 2015. Disponível em: <<http://www.spg.sc.gov.br/index.php/visualizar-biblioteca/acoes/comite-de-obras-publicas/427-caderno-de-projetos-bim/file>>. Acesso em: 31 maio 2016.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

UNITED KINGDOM. HMGOVERNMENT. . **Industrial strategy: government and industry in partnership: Building Information Modeling**. 2012. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/34710/12-1327-building-information-modelling.pdf>. Acesso em: 31 maio 2016.